



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**ANÁLISIS DE MODELOS DE PROPAGACIÓN PARA  
TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT) BAJO EL ESTÁNDAR  
ISDB-Tb EN LAS CIUDADES DE AMBATO Y LATACUNGA DEL  
ECUADOR**

**JAIRO RENÉ JÁCOME TINOCO**

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado  
ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito  
parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES**

Riobamba - Ecuador

Octubre 2017

## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE: El Trabajo de Titulación Modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, denominado: ANÁLISIS DE MODELOS DE PROPAGACIÓN PARA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT) BAJO EL ESTÁNDAR ISDB-Tb EN LAS CIUDADES DE AMBATO Y LATACUNGA DEL ECUADOR, de responsabilidad del señor Jairo René Jácome Tinoco, ha sido minuciosamente revisado y se autoriza su presentación.

ING. WILSON ZUÑIGA VINUEZA; M.Sc.

**PRESIDENTE**

---

ING. JEFFERSON RIBADENEIRA RAMÍREZ; Ph.D.

**DIRECTOR DE TESIS**

---

ING. OSWALDO MARTÍNEZ GUASHIMA; M.Sc.

**MIEMBRO DE TESIS**

---

ING. ALEXANDRA PAZMIÑO ARMIJOS; M.Sc.

**MIEMBRO DE TESIS**

---

Riobamba, Octubre 2017

## **DERECHOS INTELECTUALES**

Yo, Jairo René Jácome Tinoco, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras Fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

---

Jairo René Jácome Tinoco  
N° de Cédula: 171509398-3

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mis Esposa e hijos, que siempre han estado incondicionalmente apoyándome y creyendo en mí, y quienes otorgaron el tiempo necesario para cumplir con mis estudios de maestría

A la Señora Gladys Armijos Lucio (+), que me ayudo con sus consejos y siempre estuvo pendiente de mi familia mientras yo cursaba mis estudios, siempre la recordaré.

Al mejor Presidente de todos los tiempos de la vida republicana de nuestro país, al Economista Rafael Correa Delgado, el mejor legado que nos deja en educación superior en sus diez años de gobierno. Hasta la victoria Siempre.

A mis Profesores y compañeros por los momentos compartidos.

Jairo René Jácome Tinoco

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi agradecimiento a mi profesor y orientador el Ing. Jefferson Ribadeneira. Ph.D, quien con su ayuda desinteresada permitió que yo culmine este trabajo de investigación con todas las normas establecidas en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los Ingenieros Oswaldo Martínez Guashima y Alexandra Pazmiño Armijos quienes mediante sus consejos y ayuda prestada durante la realización del presente trabajo colaboraron en la culminación de la investigación.

A los Docentes del Programa de Maestría en Sistemas de Telecomunicación que con sus enseñanzas y excelente manera de compartir sus conocimientos, han ayudado y colaborado para culminar con éxito el presente trabajo.

A la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones Coordinación Zonal 3 de la ciudad de Riobamba.

Jairo.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Situación problemática.....	2
1.3 Formulación del problema.....	2
1.4 Preguntas directrices o específicas de la investigación.....	3
1.5 Justificación de la investigación.....	3
1.6 Objetivos de la investigación.....	3
1.6.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.6.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.7 Hipótesis.....	4
1.7.1 <i>Hipótesis general</i> .....	4
1.7.2 <i>Hipótesis específicas</i> .....	4
CAPITULO .....	5
2. Marco teórico.....	5
2.1 Antecedentes del problema.....	5
2.2 Bases teóricas.....	5
2.2.1 <i>Televisión Digital Terrestre</i> .....	5
2.2.1.1 <i>Características Televisión Digital Terrestre</i> .....	7
2.2.1.2 <i>Ventajas de la Televisión Digital Terrestre</i> .....	8
2.2.2 <i>Estándar ISDB-T Internacional</i> .....	8
2.2.3 <i>La Televisión Digital Terrestre en Ecuador</i> .....	10
2.2.4 <i>Modelos de Propagación</i> .....	11
2.2.4.1 <i>Modelos de Propagación de TDT aplicables en zonas rurales</i> .....	11
2.2.4.2 <i>Modelos de Propagación de TDT aplicables en zonas urbanas</i> .....	11
CAPITULO III.....	13
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3.1 Métodos de investigación.....	13
3.2 Enfoque de la investigación.....	13

<b>3.3</b>	<b>Alcance investigativo.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Población de estudio.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Unidad de análisis.....</i></b>	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>Determinación de la muestra.....</b>	<b>14</b>
<b>3.5.1</b>	<b><i>Selección de la muestra.....</i></b>	<b>14</b>
<b>3.5.2</b>	<b><i>Tamaño de la Muestra.....</i></b>	<b>15</b>
<b>3.6</b>	<b>Técnica de recolección de datos primarios y secundarios.....</b>	<b>15</b>
<b>3.6.1</b>	<b><i>Fuentes primarias.....</i></b>	<b>15</b>
<b>3.6.2</b>	<b><i>Fuentes Secundarias.....</i></b>	<b>16</b>
<b>3.7</b>	<b>Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios.....</b>	<b>16</b>
<b>3.7.1</b>	<b><i>Observación directa.....</i></b>	<b>16</b>
<b>3.7.2</b>	<b><i>Medidas de campo.....</i></b>	<b>16</b>
<b>3.8</b>	<b>Instrumentos para procesar datos recopilados.....</b>	<b>16</b>
<b>3.9</b>	<b>Toma de medidas.....</b>	<b>18</b>
<b>3.9.1</b>	<b><i>Toma de medidas en la ciudad de Latacunga.....</i></b>	<b>21</b>
<b>3.9.1.1</b>	<b><i>Zona periférica.....</i></b>	<b>21</b>
<b>3.9.1.2</b>	<b><i>Zona urbana y/o centro.....</i></b>	<b>22</b>
<b>3.9.2</b>	<b><i>Toma de medidas en la ciudad de Ambato.....</i></b>	<b>24</b>
<b>3.9.2.1</b>	<b><i>Zona periférica.....</i></b>	<b>25</b>
<b>3.9.2.2</b>	<b><i>Zona urbana y/o centro.....</i></b>	<b>26</b>
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>29</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Correlación de las medidas de campo con los métodos de predicción.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Análisis de correlación de las medidas decampo en la ciudad de Latacunga.....</i></b>	<b>30</b>
<b>4.1.1.1</b>	<b><i>ITU-R 525.....</i></b>	<b>30</b>
<b>4.1.1.2</b>	<b><i>ITU-R 525/526.....</i></b>	<b>33</b>
<b>4.1.1.3</b>	<b><i>ITU-R 1546.....</i></b>	<b>36</b>
<b>4.1.2</b>	<b><i>Análisis de correlación de las medidas de campo en la ciudad de Ambato.....</i></b>	<b>38</b>
<b>4.1.2.1</b>	<b><i>ITU-R 525.....</i></b>	<b>39</b>
<b>4.1.2.2</b>	<b><i>ITU-R 525/526.....</i></b>	<b>42</b>
<b>4.1.1.3</b>	<b><i>ITU-R 1546.....</i></b>	<b>44</b>
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>49</b>
<b>5.</b>	<b>PROPUESTA.....</b>	<b>49</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-3:</b> Características técnicas de la antena de transmisión de Color Tv. ....	19
<b>Tabla 2-3.</b> Ubicación de la antena de transmisión del Canal Color TV. ....	21
Tabla 1-4. Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525.....	33
<b>Tabla 2-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525/526.....	35
<b>Tabla 3-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo. ....	37
<b>Tabla 4-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo. ....	38
<b>Tabla 5-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525. ....	41
<b>Tabla 6-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525/526. ....	44
<b>Tabla 7-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo. ....	46
<b>Tabla 8-4:</b> Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo. ....	47
<b>Tabla 1-5:</b> Resumen de Resultados de los Modelos de Propagación y sus Modelos de Difracción y Subpath de Latacunga. ....	49
<b>Tabla 2-5:</b> Resumen de Resultados de los Modelos de Propagación y sus Modelos de Difracción y Subpath de Ambato. ....	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura 1-2.</b> Estándares de TDT que adoptaron los Países a nivel mundial. ....	6
<b>Figura 2-2.</b> Estándares de TDT que están en funcionamiento. ....	6
<b>Figura 1-3.</b> Estación SACER sct-101 .....	17
<b>Figura 2-3.</b> Equipos que conforman la Estación Sacer sct-101.....	18
<b>Figura 3-3.</b> Diagrama de radiación de antena de transmisión de Color Tv.....	20
<b>Figura 4-3.</b> Vista panorámica de las antenas de TV del cerro Pilisurco. ....	20
<b>Figura 5-3.</b> Toma de muestras con la estación Sacer en Latacunga.....	22
<b>Figura 6-3.</b> Ruta de muestras del Canal Color TV.....	22
<b>Figura 7-3.</b> Muestras tomadas en la Zona urbana del centro de Latacunga. ....	23
<b>Figura 8-3.</b> Rutas recorridas con la estación Sacer sct-101 en Latacunga. ....	24
<b>Figura 9-3.</b> Toma de muestras con la estación Sacer en Ambato. ....	25
<b>Figura 10-3</b> Toma de muestras y potencia en la Ciudad de Ambato. ....	26
<b>Figura 11-3.</b> Toma de muestras en la zona urbana de Ambato. ....	27
<b>Figura 12-3.</b> Rutas recorridas por la estación Sacer en Ambato. ....	27
<b>Figura 13-3.</b> Muestras tomadas a la frecuencia de 539 MHz para Ambato. ....	28
<b>Figura 1-4.</b> Espectro del Color Tv para Ambato y Latacunga. ....	29
<b>Figura 2-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con Geometría de difracción Deygout94 y medidas de campo. ....	31
<b>Figura 3-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo. ....	32
<b>Figura 4-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo. ....	32
<b>Figura 5-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Deygout94 y medidas de campo. ....	34
<b>Figura 6-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo. ....	34
<b>Figura 7-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.....	35
<b>Figura 8-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo. ....	36
<b>Figura 9-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo. ....	38

<b>Figura 10-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Deygout94 y medidas de campo.....	39
<b>Figura 11-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo. ....	40
<b>Figura 12-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.....	41
<b>Figura 13-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Deygout94 y medidas de campo. ....	42
<b>Figura 14-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo. ....	43
<b>Figura 15-4.</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.....	44
<b>Figura 16-4</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo. ....	45
<b>Figura 17-4</b> Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo. ....	47

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

ANEXO A. Configuración del software ARCGUS de la estación SACER SCT-01.

ANEXO B. Configuración de los parámetros del transmisor para las simulaciones.

## RESUMEN

El Ecuador adoptó el estándar ISDB-Tb para Televisión Digital Terrestre, el mismo que optimiza el espectro radioeléctrico e implementa nuevos servicios audiovisuales e interactivos. Se realizan emisiones de pruebas de las señales de TDT en las ciudades Ambato y Latacunga, para la exitosa implementación de la TDT hay que seleccionar el modelo de propagación que se ajusta a las condiciones geográficas y topográficas de las ciudades. El presente trabajo determinó el modelo de propagación para la Televisión Digital Terrestre bajo el estándar ISDB-Tb que mejor se ajustó a las condiciones de las ciudades de Ambato y Latacunga, debido a que las mismas tienen características similares de la región andina y los resultados obtenidos pueden ser extrapolados a las demás ciudades de la región. La investigación es cuantitativa, debido a que se examinó numéricamente los datos tomados de los canales de Televisión Digital Terrestre como son longitud, latitud y potencia. El modelo de propagación que mejor se ajustó a las condiciones geográficas de los sectores es el ITU-R 525/526 y se recomienda extender el análisis realizado en el presente tema de titulación para las demás ciudades y provincias del Ecuador, además se realizó el análisis comparativo de las medidas que fueron tomadas con las medidas simuladas, éste análisis permitió determinar qué modelo se ajustó a lo requerido.

**Palabras claves:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DE LAS COMUNICACIONES>, <INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES>, <TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE>, <NORMA ISDB-TB>, <ESPECTRO RADIOELÉCTRICO>, <SIMULACIÓN>, <MODELOS DE PROPAGACIÓN>

## ABSTRACT

Ecuador adopted ISDB-Td standard for Terrestrial Digital Television; this optimizes the radio spectrum and implements new and interactive audiovisual services. Some TDT signals test emissions are done in Ambato and Latacunga; for the successful TDT implementation, it is necessary to select the propagation model adjusted to the geographic and topographic conditions of the cities. The current research determined the propagation model for the Terrestrial Digital Television under the ISDB-Tb standard that was rather adjusted to the conditions of Ambato and Latacunga due to the similar characteristics of the Andean region, so the results obtained can be extrapolated to the other cities of the region. The research is quantitative since the data taken from the Terrestrial Digital Television channels were analyzed numerically, as well as their length, latitude and power. The propagation model that was better adapted to the geographical conditions of the areas is ITU-R 525/526 and it is recommended to expand the analysis carried out in the current graduation work. In addition, the comparative analysis of the measures taken with the measures simulated was also carried out; this analysis allowed determining that the model was adapted to the requirements.

**Keywords:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <COMMUNICATIONS TECHNOLOGY>, <TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING>, <TERRESTRIAL DIGITAL TELEVISION>, <ISDB-TB NORM>, <RADIO SPECTRUM>, <SIMULATION>, <PROPAGATION MODELS>.

## **CAPITULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

En el Ecuador las Telecomunicaciones fueron un pilar importante para los vínculos económicos y sociales del país, la televisión ha sido un medio muy destacado en el que se centraliza la mayor y gran parte de información que llega a casi todos los hogares a cualquier hora y con diferentes tipos de programaciones.

Particularmente la televisión abierta, siendo un servicio de las telecomunicaciones requiere hacer uso del espectro radioeléctrico como indica la Constitución de la República del Ecuador en su artículo 261, numeral 10 (Ecuador, 2008), la misma que tiene un marco regulatorio y será la que exija control para cumplir los parámetros de eficiencia y calidad de servicio para el usuario final. Con el anunciado apagón analógico de televisión en el Ecuador, se irá suprimiendo la brecha tecnológica que existe y estará a la vanguardia de los avances tecnológicos con países vecinos.

El objetivo del presente estudio, es realizar el análisis de los modelos de propagación existentes para TDT<sup>1</sup> en las ciudades de Latacunga y Ambato, Para lo cual, se analiza los modelos de propagación aplicables a TDT bajo el estándar ISDB-Tb<sup>2</sup> y se presentan comparativas con muestras y datos reales tomados en zonas rurales y urbanas de las ciudades mencionadas, para luego determinar el modelo de propagación que mejor se ajusta a los datos en la zona de estudio.

Los resultados pueden ser extrapolados a las demás ciudades de la región andina de Ecuador debido a la similitud de sus condiciones topográficas y climatológicas. La comparación de las muestras (medidas de campo) con simulaciones de los modelos de propagación, se realizara mediante un software de planificación profesional, el mismo que es una herramienta muy completa para pronóstico de señales RF.

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Determinar el modelo de propagación para Televisión Digital Terrestre, que mejor se ajuste a las condiciones de las ciudades de Ambato y Latacunga.

---

<sup>1</sup> Televisión Digital Terrestre.

<sup>2</sup> Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brasil.

## **1.2 Situación problemática**

Según el MINTEL<sup>3</sup> de Ecuador, el 26 de marzo de 2010 se adoptó oficialmente el estándar japonés-brasileño ISDB-Tb para la TDT, este proceso permitirá optimizar el espectro radioeléctrico e implementar nuevos servicios audiovisuales e interactivos. Actualmente los canales de televisión son analógicos, lo que no permite un buen reparto del espectro radioeléctrico. En el país se están realizando emisiones de pruebas de las señales de TDT en las ciudades de: Quito, Guayaquil, Cuenca, Ambato, Latacunga, Santo Domingo, Manta, Portoviejo, entre otras. Ecuador, Ministerio de Telecomunicaciones (<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/television-digital-terrestre-en-el-ecuador/>, s.f.).

Para que la implementación de la TDT sea exitosa, hay que realizar la planificación de las redes a ser implementadas, uno de los puntos más importantes es seleccionar el modelo de propagación que mejor se ajuste a las condiciones de propagación de las ciudades.

Uno de los modelos más utilizados para televisión digital es el ITU-R<sup>4</sup> 1546 que es semi-determinístico y está basado en medidas hechas en Estados Unidos y Europa. Por lo que sus condiciones climáticas y topográficas son diferentes a las de Ecuador. Actualmente, no existe un modelo de propagación que se haya afinado con medidas realizadas en Ecuador. Debido a esto los modelos de propagación existentes pueden no ajustarse adecuadamente al entorno geográfico del país (montañas muy altas, zonas muy planas, etc.).

La elección de un inadecuado modelo de propagación, puede producir que la planificación de cobertura de las redes de TDT sea equivocada, debido a que pueden existir transmisores cercanos y que puedan ser interferidos por transmisores con mayor alcance del planificado, además pueden existir zonas poblacionales importantes que pueden no ser cubiertas apropiadamente.

## **1.3 Formulación del problema**

¿El estudio de modelos de propagación para la Televisión Digital Terrestre bajo el estándar ISDB-Tb en las ciudades de Ambato y Latacunga, servirá para determinar el modelo que mejor se ajuste a las condiciones de éstas ciudades?

---

<sup>3</sup> Ministerio de Telecomunicaciones

<sup>4</sup> Radiocommunication Sector of the International Telecommunication Union.



#### **1.4 Preguntas directrices o específicas de la investigación**

- a.- ¿Las condiciones de propagación para TDT serán iguales en las dos ciudades?
- b.- ¿Los modelos de propagación existentes dan resultados iguales a las obtenidas con las medidas de campo?
- c.- ¿Cuál es el modelo de propagación que ofrece el menor error con respecto a las medidas de campo?

#### **1.5 Justificación de la investigación**

Actualmente existen varios modelos de propagación, entre los más utilizados es el modelo semi-determinístico ITU-R 1546, que al estar basado en medidas realizadas en Europa y América del Norte, posiblemente no se ajuste adecuadamente al entorno de condiciones climáticas y topográficas de nuestro país, por lo tanto, es necesario determinar el modelo de propagación que mejor se ajuste a las condiciones únicas presentes en las dos ciudades (i.e. zonas montañosas y muy frías).

En la presente tesis se aborda la determinación del modelo de propagación que mejor se ajuste a las ciudades de Ambato y Latacunga. La elección de las ciudades es representativa en el sentido que presentan las características generales que se encuentran en la región andina. Por tanto, los resultados presentados pueden ser extrapolados a las demás ciudades de la región.

Determinar el modelo de propagación para TDT que mejor se ajuste a las condiciones climáticas y topográficas de las ciudades de Ambato y Latacunga, servirá para el despliegue de las futuras redes de TDT del Ecuador. Para esto, se realizarán mediciones de campo con receptores ISDB-Tb y la estación SACER<sup>5</sup> de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones de la Zona 3 del Ecuador. Los resultados obtenidos permitirán evaluar que método de propagación es el más adecuado para las dos ciudades.

#### **1.6 Objetivos de la investigación**

##### ***1.6.1 Objetivo General***

Determinar el modelo de propagación para la Televisión Digital Terrestre bajo el estándar ISDB-Tb, que mejor se ajuste a las condiciones de las ciudades de Ambato y Latacunga.

---

<sup>5</sup> Sistema Automático del Control del Espectro Radioeléctrico.

### **1.6.2    *Objetivos Específicos***

- Analizar las condiciones de propagación para TDT en las ciudades.
- Comparar las medidas de campo con diferentes modelos de propagación simulados.
- Indicar cuál es el modelo de propagación que mejor se ajuste a las ciudades de Ambato y Latacunga.

## **1.7      *Hipótesis***

### **1.7.1    *Hipótesis General***

¿Mediante las medidas de campo realizadas en las ciudades de Ambato y Latacunga, será posible determinar el modelo de propagación que mejor se ajuste las condiciones de propagación en las diferentes ciudades del país?

### **1.7.2    *Hipótesis Específicas***

- ¿Es posible analizar las condiciones de propagación para TDT en las ciudades de Ambato y Latacunga?
- ¿Al hacer medidas de campo, será posible evaluar el desempeño de diferentes modelos de propagación utilizados para TDT?
- ¿El estudio del modelo de propagación de TDT indicará cuál es el modelo apropiado para las ciudades de Ambato y Latacunga?

## CAPITULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del problema

Los modelos de propagación utilizados para TDT, se basan generalmente en medidas realizadas en el continente Europeo y en América del Norte. No existen estudios detallados de propagación para las condiciones específicas de Latinoamérica y mucho menos para Ecuador.

#### 2.2 Bases Teóricas

##### 2.2.1 *Televisión Digital Terrestre.*

En la TDT la imagen y el sonido se convierten a un formato digital, los mismos que son transmitidos por ondas electromagnéticas. El transmitir información digitalizada nos brinda mayor movilidad, calidad y optimización del espectro electromagnético.

Además es posible transmitir varias programaciones en HD<sup>6</sup>, calidad estándar e interactividad. Los estándares de TDT a nivel mundial son cuatro: ATSC<sup>7</sup> (ATSC, 2007) , DVB-T<sup>8</sup> (structure, 2009) , ISDB-T (Broadcasting, 2005) y DTMB<sup>9</sup> (Ong, 2009) ; además existe el ISDB-Tb que es una modificación del estándar Japonés desarrollado en Brasil. (Alulema, 2012). DVB-T2 (755, 2012) que es la segunda generación de la familia de estándares DVB y ATSC 3.0 (L. Fay, L. Michael, D. Gomez-Barquero, N. Ammar, and M. Caldwell, 2006) en pleno proceso de estandarización.

En Norteamérica el estándar utilizado es ATSC, que se caracteriza por su alta definición y muy buena calidad de sonido tipo dolby digital. En Japón, ISDB-T caracterizado por la portabilidad y movilidad. En China, DTMB ofrece alta definición, movilidad y portabilidad y en Europa el DVB-T caracterizado por su interactividad.

---

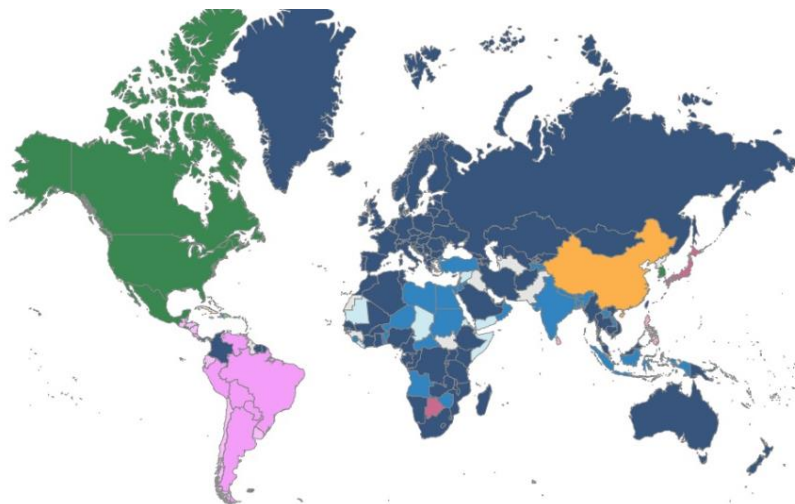
<sup>6</sup> High Definition.

<sup>7</sup> Advanced Television System Committee.

<sup>8</sup> Digital Video Broadcasting Terrestrial.

<sup>9</sup> Digital Television Terrestrial Broadcasting.

En algunos de los países de Latinoamérica se utiliza una variante del ISDB-T desarrollado por Brasil y denominada ISDB-Tb. (Ribadeneira Ramírez, 2016). En la Figura 2-1, se puede observar los estándares de TDT que adoptaron los países a nivel mundial, y en la Figura 2-2, los estándares que están en funcionamiento.



**Figura 1-2.** Estándares de TDT que adoptaron los Países a nivel mundial.

Fuente: <http://es.dtvstatus.net/>

Descripción	
Sistema	Explicación
DVB-T/DVB-T2	La transmisión mediante DVB-T/DVB-T2 ya se ha puesto en práctica.
DVB-T/DVB-T2 adoptado	Países que se han decidido por el sistema DVB-T/DVB-T2.
DVB-T/DVB-T2 en prueba	En estos países, el estándar DVB-T/DVB-T2 está en período de prueba.
RRC06	Los países señalados participan en la Conferencia Regional de Radiocomunicaciones 2006 de la ITU (International Telecommunication Union). Se presupone que todos los países participantes se decidirán por el sistema DVB-T/DVB-T2 cuando pasen de la transmisión analógica de televisión a la digital.
ATSC	La transmisión mediante el sistema ATSC ya se ha puesto en práctica.
ATSC adoptado	Países que se han decidido por el sistema ATSC.
ATSC en prueba	En estos países, el estándar ATSC está en período de prueba.
ISDB-T	La transmisión mediante ISDB-T ya se ha puesto en práctica.
ISDB-T adoptado	Países que se han decidido por el sistema ISDB-T.
ISDB-T en prueba	En estos países, el estándar ISDB-T está en período de prueba.
SBTV-D-T	La transmisión mediante SBTVD-T ya se ha puesto en práctica.
SBTV-D-T adoptado	Países que se han decidido por el sistema SBTVD-T.
DTMB	La transmisión mediante DTMB ya se ha puesto en práctica.
DTMB adoptado	Países que se han decidido por el sistema DTMB.
DTMB en prueba	En estos países, el estándar DTMB está en período de prueba.
	Países que aún no se han decidido.

**Figura 2-2.** Estándares de TDT que están en funcionamiento.

Fuente: <http://es.dtvstatus.net/>

### *2.2.1.1 Características Televisión Digital Terrestre*

Las principales características que presenta la TDT son las siguientes:

- Es poco costosa para la población, debido a que utiliza un montaje de recepción parecido al que se utiliza en el método analógico.
- Recepción portátil, y en movimiento.
- Emplea SFN<sup>10</sup>, que facilita la disminución del número de frecuencias utilizadas.
- Demanda menor potencia de transmisión.
- Contiene muchos más programas con respecto a la televisión analógica, permitiendo la diversidad de servicios y contenidos multimedia en cada canal radioeléctrico.
- La calidad de sonido e imagen son mejores en las zonas de cobertura, resultado de la fortaleza de la señal digital con respecto al ruido, las interferencias y la propagación multi trayecto.
- La elevada resolución espacial de video de un canal digital proporciona una mejora en el realismo, que se puede apreciar en una pantalla más grande.
- El formato convencional es de 4:3, mientras que con la TDT, se permite el formato panorámico 16:9, lo que permite el aumento de la relación de aspecto.
- Con la combinación de canales de audio se consigue el resultado perimetral utilizados en las salas de cines actuales, además permite escoger el audio en el lenguaje que se desee.
- Permite la convergencia TV<sup>11</sup>-PC<sup>12</sup>, ya que el televisor pasa a ser un terminal multimedia que acepta datos que vienen de los servicios de telecomunicaciones, suministrando servicios de valor añadido como correo electrónico, video llamadas, guías electrónicas de programas, video bajo demanda, pague por ver, teletexto avanzado, etc.
- Permite el desarrollo equilibrado entre la televisión pública y la televisión pagada.

---

<sup>10</sup> Single Frequency Network.

<sup>11</sup> Televisión.

<sup>12</sup> Personal Computer.

### *2.2.1.2 Ventajas de la Televisión Digital Terrestre*

La TDT frente a la Televisión Analógica presenta las siguientes ventajas:

- a) La calidad de sonido e imagen es mejor.
- b) Admite contenidos en alta definición.
- c) Permite la multiprogramación, y a su vez ahorrar el espectro radioeléctrico al incorporar mayor cantidad de señales dentro del mismo ancho de banda.
- d) Se complementan y se integran los contenidos con Internet.
- e) Admite servicios asociados a la interactividad y ejecución de aplicaciones.
- f) Al aumentar la programación que se oferta, también se activa sustancialmente dentro de las industrias y empresas la producción de contenidos audiovisuales, así como empresas e industrias relacionadas con el software, telecomunicaciones, electrónica, etc.
- g) Los servicios se pueden brindar a varios dispositivos: Televisores que incluyan decodificador, sintonizadores para PC portátiles, GPS<sup>13</sup> con sintonizado, Teléfonos móviles etc.
- h) Facilita la implementación de las Redes de Frecuencias Únicas (SFN), permitiendo el ahorro del espectro radioeléctrico.
- i) Permite que en varios dispositivos se observe contenido audiovisual con calidades diferentes, a esto lo conocemos como producción para multiplataforma. . (Pisciotta, 2010).

### ***2.2.2 Estándar ISDB-T Internacional***

Tiene su origen en Japón y su desarrollo fue a finales de la década de los noventa, bastante después de que hicieron su aparición los estándares ATSC norteamericano y DVB-T europeo. Esto representó una ventaja, puesto que ya se disponía de experiencias concretas y se sabían las fortalezas y debilidades de cada sistema. La principal decisión que se tomó durante la fase de estudios previos fue haber elegido un sistema multiportadora.

---

<sup>13</sup> Global Positioning System.

Luego en 1999 y después de varios años de desarrollo, ISDB-T se consagra como el estándar japonés de TV digital. Como se conoce, en su mayoría los países de América Latina no adoptaron ningún estándar sino hasta la primera década del siglo XXI, por ejemplo Argentina, que adoptó el estándar ATSC en el año de 1996 y algo similar sucedió con Uruguay, que inicialmente adoptó el estándar DVB-T.

Brasil tomó la iniciativa de adoptar ISDB-T como estándar de transmisión de TV digital en el año 2006, e introdujo algunas modificaciones entre las que se destaca la adopción de MPEG-4 <sup>14</sup> para la compresión de datos. Estos desarrollos, llevados adelante en estrecha colaboración con Japón, dieron origen al estándar internacional cuya denominación es ISDB-Tb. Al momento toda Sudamérica con excepción de Colombia, Guyana, Surinam y Guayana Francesa han adoptado ISDB-Tb.

Es conveniente destacar que ISDB-Tb ha sido diseñado para aplicarse a canales de 6, 7 y 8 MHz de ancho de banda. De acuerdo con esto se podría hacer un desarrollo completo, empleando fórmulas y expresiones genéricas que permitan obtener los valores de todos los parámetros necesarios para los tres casos. En lugar de ello, se ha preferido trabajar únicamente con el canal de 6 MHz de ancho de banda, por dos razones: Porque es la canalización utilizada de manera exclusiva en la región y por porque será más sencillo comprender todas las relaciones numéricas que gobiernan el sistema. (Pisciotta, 2010). En Ecuador se utiliza canales de 6 MHz de ancho de banda, por ser la canalización generalmente utilizada en América.

ISDB-Tb dentro de su principal característica tiene la recepción en banda angosta, también denominada parcial, pues utiliza solo una parte de la ancho de la banda del canal exactamente la catorceava parte. El servicio de banda angosta ha sido pensado para receptores móviles equipados con pantallas de visualización de pequeño tamaño y baja resolución (LDTV<sup>15</sup>).

La recepción parcial presenta importantes ventajas, entre ellas una mayor simplicidad de los circuitos de los receptores, comparados con equipos del mismo tamaño capaces de procesar la anchura de banda completa de la señal. Esta característica es muy anhelada en los receptores económicos, por ejemplo para los teléfonos móviles tipo Smart phone.

---

<sup>14</sup> Moving Picture Experts Group 4.

<sup>15</sup> Low Definition Television.

La recepción parcial implica la división del canal en porciones, denominadas segmentos por la norma ISDB-Tb. Por esta razón este sistema también es conocido como OFDM<sup>16</sup> de banda segmentada. (Pisciotta, 2010).

### ***2.2.3 La Televisión Digital Terrestre en Ecuador***

La transición hacia la TDT, es una política de Estado en la que se promueve el acceso a las nuevas tecnologías de la información y comunicación, para incorporar a la población a la sociedad del conocimiento y al ámbito productivo del país. Mediante Resolución No. 084-05-CONATEL<sup>17</sup>-2010 del 25 de marzo de 2010 (<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>, 2015) , el país adopta oficialmente el estándar ISDB-Tb para la implementación de la TDT, con esto el 47% de los ecuatorianos han considerado comprar un televisor con éste estándar.

Dentro de la concentración de mercado de operadores privados, 10 concesionarios concentran el 70% de las estaciones de TV abierta privadas y dentro de la cobertura actual de TDT se puede indicar que el 34.85% de la población ya tiene cobertura. Además, dentro del plan maestro de Ecuador para la TDT se contempla el apagón analógico, el mismo que se dará en 3 fases; La fase 1, comprende las estaciones que al menos cubran una capital de provincia, cabecera cantonal o parroquia con población mayor a 500.000 habitantes, la misma que terminará el 31 de diciembre del 2016.

La fase 2, comprende estaciones que al menos cubran una capital de provincia, cabecera cantonal o parroquia con población entre 500.000 y 200.000 habitantes, la que terminó el 31 de diciembre del 2017 y la fase 3 comprende las estaciones que al menos cubran una capital de provincia, cabecera cantonal o parroquia con población menor a 200.000 habitantes, esta fase terminará el 31 de diciembre del 2018.

La aplicación de la TDT al ámbito productivo se verá reflejado en la investigación y desarrollo, la industria, capacitación y los servicios que brinda la tecnología. (Telecomunicaciones M. d., 2015)

---

<sup>16</sup> Multiplexión por División en Frecuencias Ortogonales.

<sup>17</sup> Consejo Nacional de Telecomunicaciones.



#### ***2.2.4 Modelos de Propagación***

Un modelo de propagación es capaz de predecir la pérdida por trayectoria de una señal RF<sup>18</sup>, entre la estación base y el receptor, estos modelos son la recopilación de expresiones matemáticas, diagramas, algoritmos, que simbolizan las características de las señales en relación al ruido y las diferentes fuentes de interferencia que puedan presentarse. Los modelos de propagación se clasifican en: Estadísticos, empíricos, determinísticos o teóricos, inclusive combinaciones. Los empíricos basan sus predicciones en mediciones reales a diferencia de los teóricos que usan los principios fundamentales de una propagación de onda RF.

La aplicabilidad de un modelo depende de ciertos factores como por ejemplo el tipo de terreno (a nivel del mar, montañoso), conductividad de la tierra, características atmosféricas (efectos de lluvia, índices de refracción), construcciones urbanas, etc. (Giménez Gandia, López Sánchez, Gómez Barquero, & Cardona, 2011)

##### ***2.2.4.1 Modelos de Propagación de TDT aplicables en zonas rurales***

Actualmente para predicción de las pérdidas de propagación en zonas rurales existen los métodos ITU-R 525/526 (Telecomunicaciones U. I., Calculation of free-space attenuation, 2016) , y el ITU-R 1546 (Telecomunicaciones U. I., Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz, 2013) . Para la aplicación de los mismos en zonas rurales, se elige el modelo de propagación y sobre este se emplean factores de corrección, especificando factores adaptados a cada tipo de zona (por ejemplo: zona urbana densa, zona con edificios altura media 10 m, zona con edificios altura media 30 m, etc.).

##### ***2.2.4.2 Modelos de Propagación de TDT aplicables en zonas urbanas***

Para zonas urbanas se utilizan modelos de propagación empíricos y semi-deterministas, debido a que para realizarlo mediante un modelo determinista, con lleva de un procedimiento complejo debido a que se debe utilizar trazados de rayos para cuando se requiera realizar el cálculo de las pérdidas de propagación para redes a gran escala para los entornos urbanos. Además se debe indicar que el modelo empírico utiliza modelos sencillos que se obtienen a partir tomas de medidas a gran escala, y el modelo semi-determinista se basa en aproximaciones de las pérdidas de propagación.

---

<sup>18</sup> Radio Frecuencia.

La ventaja de los modelos semi-deterministas y empíricos es que son formulados con ecuaciones cerradas que dependen de pocos parámetros que son fáciles de calcular. Pero, se debe graduar los parámetros de los modelos a utilizar, debido al gran número de factores que actúan en la estimación de las pérdidas de propagación (mapas cartográficos disponibles, suposiciones, simplificaciones de los diferentes modelos de propagación, variación del tipo de entorno, variación de la frecuencia, etc.)

En zonas urbanas los modelos de propagación que mejor se ajustan al rango de frecuencias en las que se desplegarán las redes de TDT en Sudamérica son: Okumura-Hata (Hatay, 1980) , Xia-Bertoni (L. R. Maciel, 1993) , Hata+Deygout Hata (Deygout, 1966), más pérdidas por difracción usando el método de Deygout, Genérico de pathloss empírico obtenido por regresión lineal. Así también, se sugiere la utilización del modelo ITU-R 1546 para la planificación de redes TDT de gran tamaño, tanto para entornos urbanos como entornos rurales.

## **CAPITULO III**

### **3. Metodología de la investigación**

Es la secuencia de pasos y el proceso de construcción del conocimiento científico, ésta investigación se basó en ser cuantitativa, debido a que examinó numéricamente los datos tomados de la potencia transmitida por los canales de Televisión Digital Terrestre, la longitud y latitud por cada dato de potencia obtenida en ese punto, tanto en sectores urbanos y periféricos de las ciudades de Latacunga y Ambato. Con los datos analizados se podrá dar respuesta a las preguntas planteadas y comprobar la hipótesis establecida.

El tipo de diseño de investigación utilizado es no experimental, debido a que el estudio se lo realizará sobre zonas rurales y urbanas de las dos ciudades, también de acuerdo con el número de puntos en el tiempo en los cuales se recolectaron los datos y la relación que hay entre el conjunto de variables en un punto determinado. Además es transversal ya que analizamos cual es el nivel o estado de la potencia en un momento dado para luego todos estos datos compararlos con las simulaciones que se realizarán.

#### **3.1 Métodos de investigación**

Métodos deductivos, inductivo y análisis, debido a que estudiando los resultados obtenidos se determinará el modelo de propagación de una manera general para la región sierra centro del Ecuador.

También se obtendrán resultados para analizarlos ordenadamente por separado y se podrá definir el modelos de propagación apropiado para las ciudades cuestión del análisis, esto también indicando que tanto la potencia transmitida como las coordenadas de donde se van a obtener los datos guardan estrecha relación para el análisis a realizar.

#### **3.2 Enfoque de la investigación:**

Cuantitativo

### **3.3 Alcance investigativo:**

La investigación será Correlacional y explicativa. En lo correlacional debido a que el propósito es identificar la relación que existe entre dos o más variables. En lo explicativo se explicará las causas de relación entre variables

### **3.4 Población de estudio:**

La población de estudio está marcada por las ciudades de Latacunga y Ambato donde se están realizando las pruebas de transmisión de TDT, esto incluye sectores urbanos y rurales donde se medirá la potencia recibida de la TDT.

#### ***3.4.1 Unidad de análisis***

- Canales de Televisión que están realizando pruebas de transmisión de TDT en las ciudades de Latacunga y Ambato.
- Modelos de propagación.
- Zonas céntricas y periféricas de las ciudades de Latacunga y Ambato.

### **3.5 Determinación de la muestra**

La muestra es una parte representativa de la totalidad de un grupo de elementos que se quiere investigar, también representa un subconjunto de la población.

El nivel de confianza que se utilizó para el estudio fue del 99%, debido a que si mayor es el nivel elegido, mayor será el tamaño de la muestra correspondiente.

#### ***3.5.1 Selección de la muestra.***

La muestra se obtendrá en base a puntos de medidas en rutas representativas considerando la extensión geográfica de cada una de las ciudades.

### 3.5.2 Tamaño de la muestra.

Se tomarán muestras en rutas determinadas, atravesando las ciudades cada 100 metros cuadrados en áreas de 10 x 10 metros, por ejemplo en el caso de la ciudad de Ambato que tiene un área de 46.50 Km<sup>2</sup> y para la ciudad de Latacunga que tiene un área de 264.86 Km<sup>2</sup> (Censos) , para el cálculo tenemos que por cada kilómetro cuadrado tenemos 10 muestras. Obtenemos la muestra para el desarrollo del trabajo con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2Z^2}$$

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

$\sigma$  = Desviación estándar de la población. (0.5)

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. (2.58) en relación al 99% de confianza

e = Límite aceptable de error muestral. (0.01) correspondiente al 1%.

Obtención de la muestra para la ciudad de Ambato, por cada km<sup>2</sup> tendremos 10 muestras, de lo que resulta que para la ciudad de Ambato tendremos una N de 465 muestras, aplicando la fórmula nos da lo siguiente:

$$n = \frac{(465) * 0,5^2 * 2,58^2}{((465) - 1)0,01^2 + 0,5^2 * 2,58^2}$$

$$n = 451,70 \approx 452 ; \text{Tamaño de la muestra para la ciudad de Ambato}$$

Aplicando la misma fórmula para la ciudad de Latacunga tenemos:

$$n = 2285.16 \approx 2286 ; \text{Tamaño de la muestra para la ciudad de Latacunga}$$

## 3.6 Técnica de recolección de datos primarios y secundarios

### 3.6.1 Fuentes primarias.

- Artículos científicos de modelos de propagación existentes.
- Tesis relacionadas a modelos de propagación ya analizados.
- Libros de Telecomunicaciones.

- Artículos científicos relacionados a la Televisión Digital Terrestre.
- Libros de Televisión Digital Terrestre.
- Artículos científicos del protocolo ISDBT-b.

### ***3.6.2 Fuentes Secundarias.***

- Información del Ministerio de Telecomunicaciones de canales de Televisión Digital Terrestre en el Ecuador.
- Estadísticas del funcionamiento de los canales de Televisión Digital Terrestre que están en prueba en las ciudades de Latacunga y Ambato.

## **3.7 Instrumentos de recolección de datos primarios y secundarios**

### ***3.7.1 Observación directa.***

Se llevará a cabo una campaña de medidas con el equipo SACER, del que se obtendrán un conjunto significativo de muestras en cada ciudad de estudio, ya que las condiciones de propagación son distintas en cada una de ellas. Otro aspecto importante es la distribución de las medidas. Las medidas se las tomarán basadas en una planificación de rutas para lo que se utilizará un GPS, tomando en cuenta que mientras más cerca estemos del transmisor, más medidas deben ser realizadas.

### ***3.7.2 Medidas de campo.***

Se realiza en territorio, donde se recopilarán los datos, para los casos en las rutas que se planificó para la toma de las muestras.

## **3.8 Instrumentos para procesar datos recopilados**

Se realizará de manera estructurada para obtener elementos técnicos apropiados para las mediciones. Para el resultado del mejor modelo de propagación se trabajará con software de planificación profesional; y, dentro de lo analizado, se procedió de la siguiente manera para la recopilación de información de los canales de TDT.

Mediante ingreso externo ARCOTEL-DEDA-2016-006798-E enviado a la ARCOTEL<sup>19</sup> (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones en el Ecuador) de la región centro del País, ubicado en la vía a Chambo de la ciudad de Riobamba, en el que se solicitó el uso de la estación SACER SCT-101 (Sistema Automático del Control del Espectro Radioeléctrico) para el monitoreo de operación de estaciones de TDT en las ciudades de Latacunga y Ambato.

La estación realiza mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico, ancho de banda, ocupación y cobertura en las principales ciudades del Ecuador, y además el Drive Test, que es la toma de datos de latitud y longitud del punto donde se tomó la muestra, así también la potencia con la que llega la señal del canal de TDT. En la Figura 1-3, se puede observar la Estación SACER SCT-101, con la que se llevó a cabo dos tipos de recorridos:

- 1.- Recorrido rural o periférico en Latacunga y Ambato
- 2.- Recorrido Urbano: Dentro de las ciudades de Latacunga y Ambato



**Figura 1-3.** Estación SACER SCT-101

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

El recorrido se realizó a una velocidad promedio de la estación de 25 km/h, con lo que se garantiza una buena adquisición de muestras. La utilización de la estación SACER SCT-01 permitió llegar hasta las zonas alejadas y difíciles de acceder para la toma de muestras y datos. En su conjunto como se puede observar en la Figura 2-3, la estación se compone de los siguientes equipos:

---

<sup>19</sup> Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

- 1.- Vehículo todo terreno 4x4, marca NISSAN, modelo Prado.
- 2.- Un sistema de baterías marca TRIPP-LITE.
- 3.- Un sistema UPS marca TRIPP-LITE, con autonomía promedio de 2 horas.
- 4.- Un equipo Rohd & Schwarz modelo DDF 250 (Digital Direction Finder)
- 5.- Sistema de monitores y control de corriente alterna y continua (Equipo donado por la Dirección de Aviación Civil).



**Figura 2-3.** Equipos que conforman la Estación Sacer sct-101

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

El software ARGUS es la herramienta que permite la configuración de los parámetros de medición en la estación Sacer, y su configuración se encuentra en el Anexo A.

### 3.9 Toma de medidas

En esta parte del proceso solo se tomó en cuenta al canal de Televisión Color TV, debido a que mediante Oficio Nro. ARCOTEL-CZ03-2017-0001-OF, dentro de su Anexo en el numeral 3 indica que la estación de Canal de Televisión UNIMAX que brinda servicio a la ciudad de Ambato no se encuentra en operación. Para llevar a cabo un trabajo de toma de muestras de las señales del transmisor de TDT que sirva para el análisis de modelos de propagación, debemos obtener un número significativo de muestras dentro de los sectores urbano, suburbano y periférico de las dos ciudades, debido a que las condiciones de propagación son distintas para cada escenario.

Se analizaron las ciudades de Latacunga y Ambato debido a su similitud geográfica y montañosa, para comparar y estudiar los modelos de propagación. En la Tabla 1-3, se detallan las características técnicas de la antena de transmisión de TDT del canal de televisión Color Tv.



**Tabla 1-3:** Características técnicas de la antena de transmisión de Color Tv.

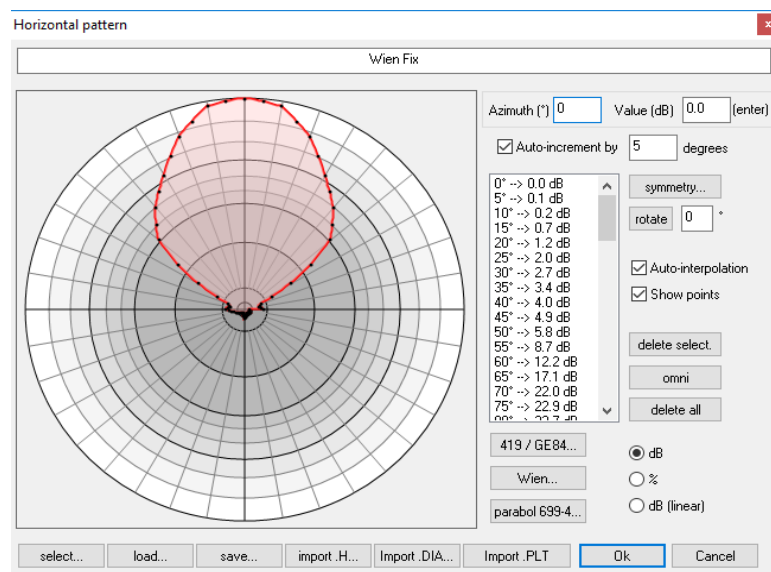
Características técnicas de la antena de transmisión de Color Tv.	
Potencia de transmisión de la antena	400 W
Altura de la torre	48 metros
Marca y modelo de la antena	Marca OMB Modelo PD2000
Azimut del arreglo de antenas	4 antenas con azimuth hacia la ciudad de Ambato. 5 antenas con azimuth hacia la ciudad de Latacunga.
Ganancia total del arreglo de antenas	22dbi
Ganancia de la antena de recepción de la estación Sacer	16 dbi

**Fuente:** Canal de Tv Color TV

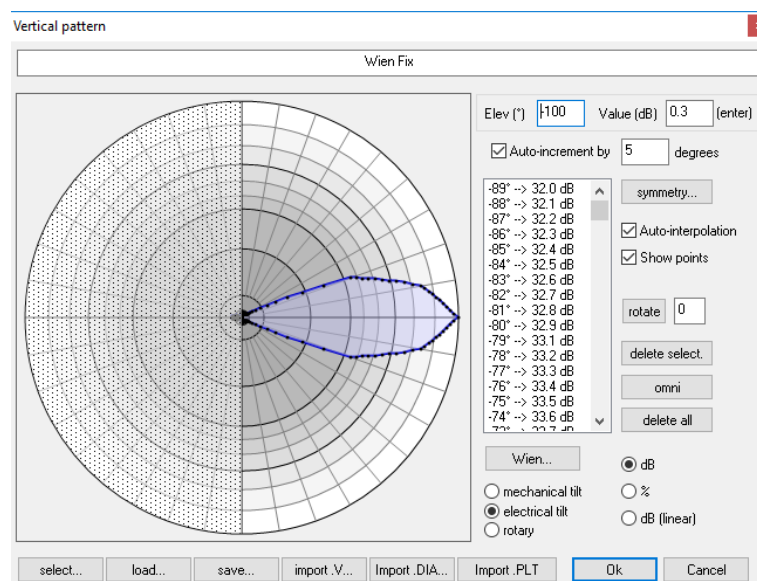
Para el trabajo que se va a realizar con los modelos de propagación lo primero es variar sus parámetros para que queden calibrados, esto implica que se variará la difracción y atenuación con el objetivo de minimizar la diferencia entre las medidas y las predicciones.

Para todo esto es muy importante tomar tantas medidas sea posible por cada zona o entorno, sea este urbano, urbano denso, rural, periférico, etc. Las rutas de medidas también son un aspecto importante a tomarse en cuenta debido a que son más densas cuando están cerca del transmisor y poco densas cuando estemos alejados del mismo.

En la Figura 3-3, se observa los diagramas de radiación horizontal y vertical de la antena de transmisión de Color Tv.



(a)Diagrama de Radiación horizontal



(b) Diagrama de Radiación Vertical.

**Figura 3-3.** Diagrama de radiación de antena de transmisión de Color Tv.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

La antena de transmisión del canal de televisión Color Tv, está situada en el cerro Pilisurco, su ubicación se muestra en la Tabla 2-3, y se encuentra en la provincia de Tungurahua. Cabe mencionar que el cerro Pilisurco, se encuentra estratégicamente entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua y debido a su ubicación geográfica en éste cerro se han situado la mayoría de estaciones de televisión, locales, regionales y nacionales, así como también muchas de las estaciones de radio que brindan sus servicios para estas dos provincias como se observa en la Figura 4-3.



**Figura 4-3.** Vista panorámica de las antenas de TV del cerro Pilisurco.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 2-3.** Ubicación de la antena de transmisión del Canal Color TV.

UBICACIÓN DE LA ANTENA DE TRANSMISIÓN DEL CANAL COLOR TV	
Latitud	01°09'21,2"S
Longitud	78°39'51,9"W
Altura sobre el nivel del mar	4138 msnm

**Fuente:** (Google Earth Pro)

### ***3.9.1 Toma de medidas en la ciudad de Latacunga.***

La campaña de toma de medidas fue llevada a cabo el 19 de diciembre del 2016, la frecuencia de operación del transmisor del Canal Color Tv está en la banda entre los 536 MHz a los 542 MHz, de esos 6 MHz de ancho banda se tomó la frecuencia central del canal para el análisis que es de 539 MHz. La ciudad se encuentra en la zona sierra centro del Ecuador y está caracterizada por una zona urbana densa en el centro de la ciudad con edificaciones de tamaño irregulares y en sus zonas periféricas caracterizada por edificaciones pequeñas y rodeada de montañas.

Para la toma de datos en la ciudad de Latacunga se tomaron las siguientes rutas:

#### ***3.9.1.1 Zona periférica.***

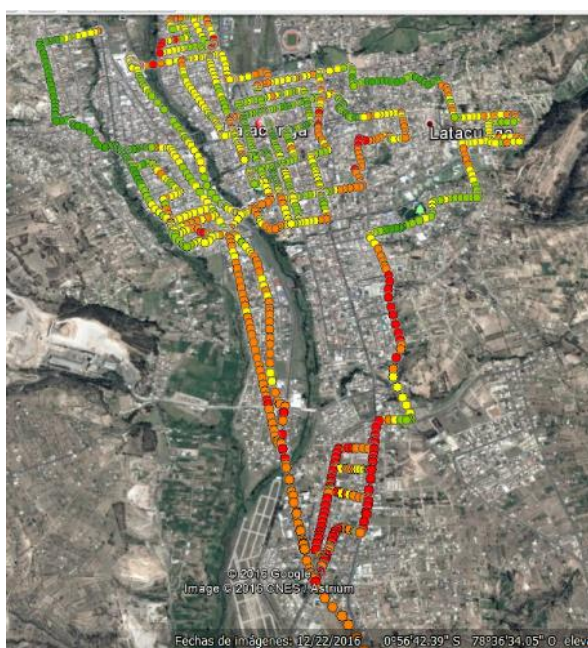
Se inició en la Carretera Panamericana, continuando por la Avenida Marco Aurelio Subía, Avenida Río Cutuchi, Avenida 5 de Junio, Avenida Simón Rodríguez, Calle 10 de Agosto, Avenida Paraguay, Avenida Cotopaxi, Avenida Unidad Nacional, Avenida Primero de Abril, Avenida Roosevelt, Avenida Atahualpa, Calle Carihuairazo, Calle Chimborazo, Avenida 11 de Noviembre, Calle Cuyabeno, Calle Laguna Cononaco, Calle, Laguna de Colta, Calle Isla Manchena, Calle San Isidro Labrador, Calle Juan Abel Echeverría, Avenida Oriente, Avenida General Proaño, Avenida Cristóbal Cepeda, Avenida Antonio Clavijo, Avenida Benjamín Terán, Avenida Amazonas, Avenida Velasco Ibarra, Calle Camilo, Ponce Enríquez, Calle Antonio Borrero, Calle Vicente Ramón Roca, Avenida Melchor de Benavides y la Avenida Benjamín Terán. En la Figura 5-3, se puede observar la toma de muestras y el manejo de los equipos de la estación Sacer.



**Figura 5-3.** Toma de muestras con la estación Sacer en Latacunga.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

En la Figura 6-3, podemos observar la ruta que se estableció para la toma de muestras, así como también puntos con colores diferentes que indican el nivel de potencia con la que llega la señal a determinado sector.



**Figura 6-3.** Ruta de muestras del Canal Color TV.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

### 3.9.1.2 Zona urbana y/o centro

Se inició en la Calle Antonio Vela, Avenida Amazonas, Calle Dos de Mayo, Calle Quito, Calle Belisario Quevedo, Calle Fernando Sánchez de Orellana, Avenida Napo, Calle Quijano y

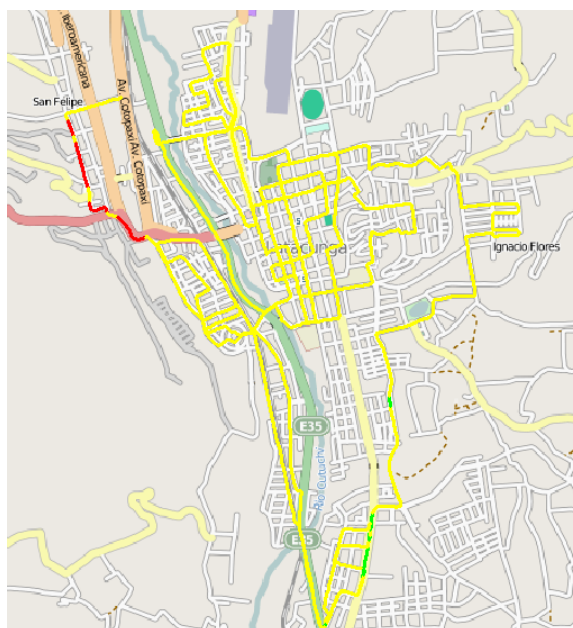
Ordoñez, Avenida General Pinto, Calle Calixto Pino, Calle Félix Valencia, Calle Guayaquil, Calle Padre Salcedo, Calle General Maldonado, Avenida Márquez de Maenza, Avenida Rumiñahui, Calle Isla Seymour, Calle Isla Isabela, Calle San Salvador, Calle Álamos y la Calle Algarrobos. En la Figura 7-3, se puede observar las muestras tomadas en la Zona urbana centro de la ciudad, así como también el nivel de potencia con la que llega la señal la misma que esta diferenciada por los colores que muestra la figura.



**Figura 7-3.** Muestras tomadas en la Zona urbana del centro de Latacunga.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Realizando una comparación gráfica entre la Figura 7-3 y la Figura 8-3, que es el resultado de las rutas recorridas con la estación Sacer, se puede afirmar que al llevarlos a Google Earth Pro son exactamente las mismas rutas recorridas, esto como una manera de tener precisión en los datos adquiridos para el estudio.



**Figura 8-3.** Rutas recorridas con la estación Sacer sct-101 en Latacunga.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

### ***3.9.2 Toma de medidas en la ciudad de Ambato.***

En la ciudad de Ambato la campaña de toma de medidas fue llevada a cabo el 12 de diciembre del 2016, y se lo realizó al canal de Televisión Color Tv que también brinda señal de TDT para ésta ciudad, al igual que en Latacunga la frecuencia central del canal es 539 MHz, se eliminó el Canal de televisión Unimax debido a que al encontrarse en etapa de pruebas el mismo no estaba emitiendo señal OFDM.

La ciudad se encuentra en la zona sierra centro del Ecuador y está caracterizada por una zona urbana densa de edificaciones altas en el centro de la ciudad y en sus zonas periféricas caracterizada por edificaciones pequeñas y rodeada de montañas, la ciudad se extiende de Sur a Norte, siendo el norte la zona más compleja para la adquisición de muestras debido a que tiene pendiente en la parte de la ciudad que está cercana al río Ambato, y en la parte sur se encuentra la zona de mayor altitud de la ciudad. Como se puede observar en la Figura 9-3 la toma de muestras y el manejo de los equipos de la estación Sacer.





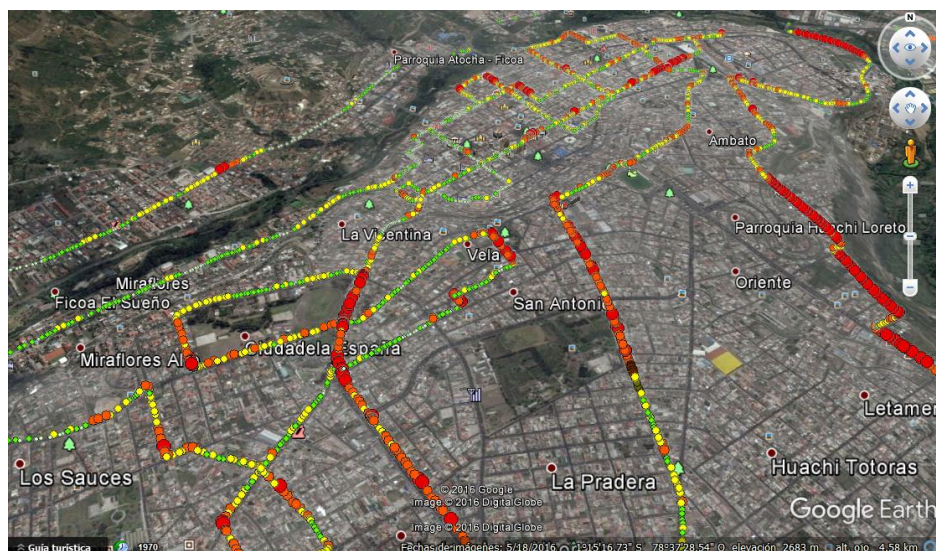
**Figura 9-3.** Toma de muestras con la estación Sacer en Ambato.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

Para la toma de datos en la ciudad de Ambato se siguieron las siguientes rutas:

#### *3.9.2.1 Zona periférica*

Se inició en la avenida Manuelita Sáenz, continuando por la Avenida Los Guaytambos, Avenida de los capulíes, Avenida Pedro Vásconez, Avenida Indoamérica, Avenida de las Américas, Avenida Montes del Cajas, Avenida Camino del Rey, Avenida, Queseras del Medio, Avenida Camino del Rey, Avenida Bolivariana, Avenida Transversal central, Carretera Panamericana, Avenida Atahualpa, Avenida Segundo Granja Almeida, Avenida Julio Jaramillo Laurido y Avenida José Peralta. En la Figura 10-3, podemos observar la ruta que se estableció para la toma de muestras, así como también puntos con colores diferentes que indican el nivel de potencia con la que llega la señal a determinado sector,



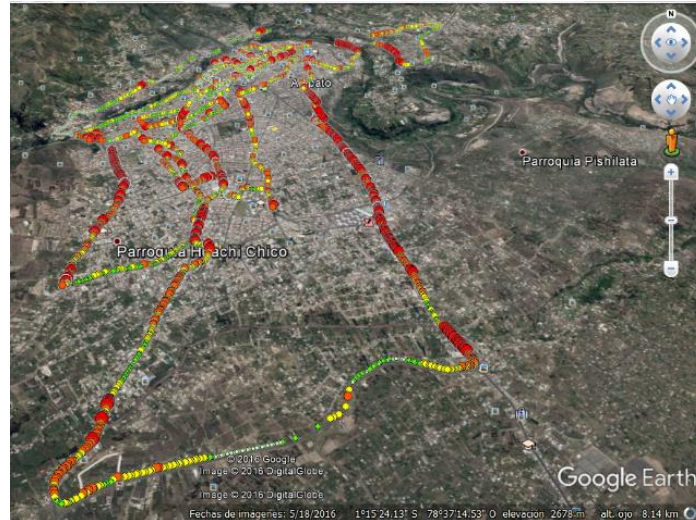
**Figura 10-3** Toma de muestras y potencia en la Ciudad de Ambato.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

### 3.9.2.2 Zona urbana y/o centro

Se inició en la Avenida Atahualpa, continuando por la Avenida Cevallos, Avenida de las Américas, Avenida Simón Bolívar, Avenida Eloy Alfaro, Calle Eugenio Espejo, Calle Ayllon, Calle Abdón Calderón, Avenida Pasteur, Calle Humberto Albornoz, Avenida del Rey, Avenida Quis, Avenida Pichincha, Avenida de los Chasquis, Avenida de los Atis, Avenida Rio Guayabamba, Avenida de los Chasquis, Calle Rio Cutuchi, Calle Eugenio Espejo, Avenida Juan Benigno Vela, Avenida 12 de Noviembre, Calle Mariano Castillo, Avenida Olmedo, Avenida Sucre, Calle Floreana I, Avenida Quito, Avenida Rocafuerte, Calle Guayaquil, Calle Bolívar, Avenida Miraflores, Avenida Manuelita Sáenz, Avenida Quiz, Avenida Valencia, Avenida Barcelona, Calle Sevilla, Calle Pablo Valarezo, Calle Víctor Manuel Garcés, Calle Oscar Efrén Reyes, Avenida Misael Acosta Solís, Avenida Jácome Clavijo, Calle Manuel Isafías Sánchez, Calle Arturo Borja, Avenida Víctor Hugo, Mall de los Andes, Avenida Medardo Ángel Silva, Avenida Miguel de Cervantes, Avenida Atahualpa y la Avenida José Peralta. En la Figura 11-3, se puede observar las muestras tomadas en la Zona urbana centro de la ciudad, así como también el nivel de potencia con la que llega la señal la misma que esta diferenciada por los colores presenta.



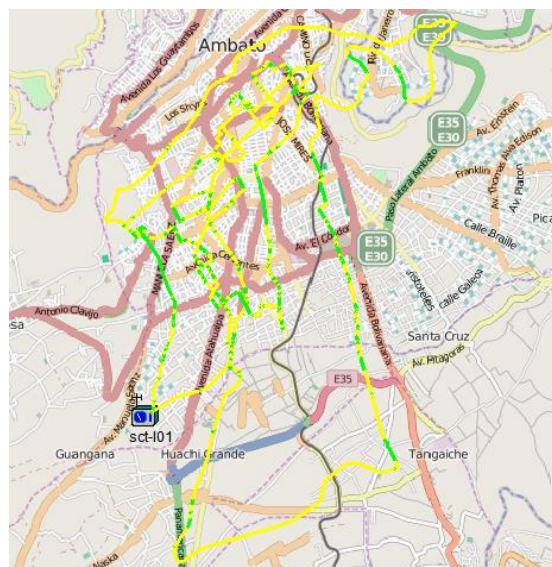


**Figura 11-3.** Toma de muestras en la zona urbana de Ambato.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017.

Luego de terminada la recolección de datos, el software ARGUS nos entrega una gráfica en el instante que va tomando los mismos por las rutas que se determinaron, debido a que el GPS registra los datos en ese mismo momento.

Muy similar al trabajo realizado en Latacunga se hizo la comparación gráfica entre la Figura 11-3 y la Figura 12-3, que es el resultado de las rutas recorridas con la estación Sacer en Ambato, se puede afirmar que al llevarlos a Google Earth Pro son exactamente las mismas rutas recorridas.



**Figura 12-3.** Rutas recorridas por la estación Sacer en Ambato.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

En la Figura 13-3, se pueden observar los resultados que se obtuvieron del Drive Test para la frecuencia de 539MHz para la ciudad de Ambato.

Resultados de medic. - COLORTV

Archivo Edición Configuración

Tiempo	Frecuencia	Level	CI	Longitud	Latitud	Altitud sobre NN
Fecha + Hora	MHz	dBμV/m	dB	Longitud	Latitud	m
12/12/2016 11:02:19,219	539,000000	91,2	-0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,18
12/12/2016 11:02:20,739	539,000000	91,9	0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:22,263	539,000000	91,1	-0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:23,779	539,000000	90,9	-0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:25,310	539,000000	90,7	0,0	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:26,825	539,000000	91,4	-0,2	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:28,342	539,000000	91,6	-0,2	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:29,867	539,000000	90,9	0,0	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:31,377	539,000000	90,6	0,0	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:32,895	539,000000	92,4	-0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:34,416	539,000000	92,7	0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:36,119	539,000000	93,5	-0,2	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:37,641	539,000000	93,0	-0,2	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:39,226	539,000000	91,9	-0,1	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:40,874	539,000000	92,0	0,0	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:42,517	539,000000	93,9	0,0	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:44,134	539,000000	93,3	0,0	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
12/12/2016 11:02:45,658	539,000000	92,3	-0,2	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15

Campo entrada

12/12/2016 11:02:45,658	539,000000	92,3	-0,2	078°38'26,6"W	01°16'53,0"S	2868,15
-------------------------	------------	------	------	---------------	--------------	---------

Insertar Modificar Eliminar

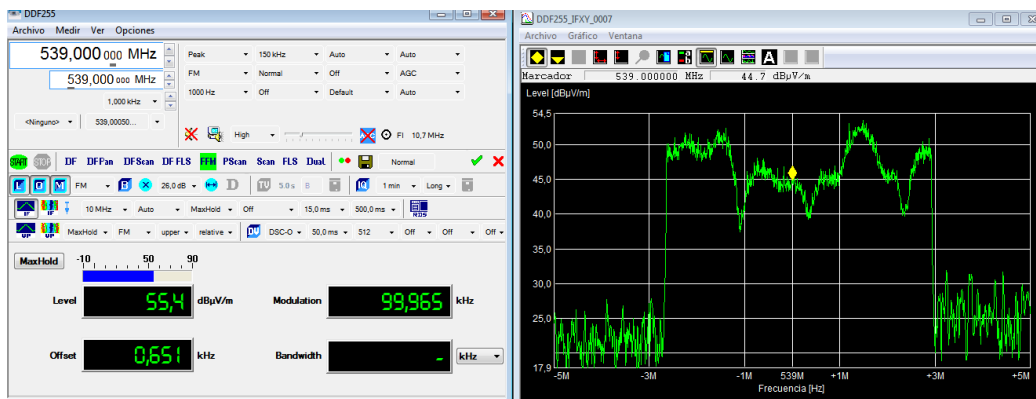
**Figura 13-3.** Muestras tomadas a la frecuencia de 539 MHz para Ambato.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

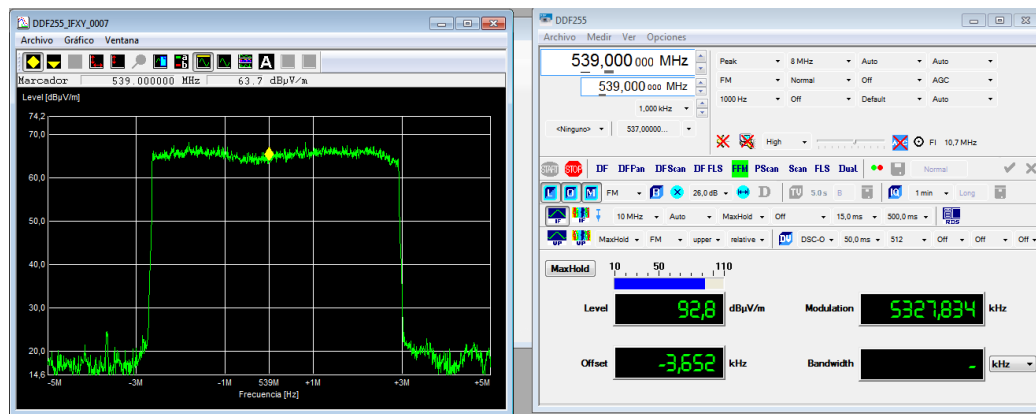
## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del Drive Test podemos confirmar que el espectro del Canal de Televisión Color Tv para la ciudad de Latacunga y Ambato que opera en la frecuencia central de los 539 MHz es de 6 MHz de ancho de banda. Como se observa en la Figura 1-4.



(a). Espectro de Color TV en Latacunga.



(b). Espectro de Color TV en Ambato.

**Figura 1-4.** Espectro del Color Tv para Ambato y Latacunga.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

De esta manera podemos comprobar que el canal Color Tv está transmitiendo señal OFDM a las dos ciudades.

Para la realización de las simulaciones con los datos tomados, se utilizó software de planificación profesional, el que se basa en un sistema de información cartográfica, además permite realizar simulaciones y representaciones de los sistemas de radiocomunicaciones más desplegados en el medio, con la posibilidad de calcular el desempeño de los sistemas con la alta precisión. La configuración de los parámetros del transmisor ver en el Anexo B.

Según las zonas evaluadas, se debe seleccionar el modelo de propagación que más se ajuste al mismo, Por lo que el primer punto a realizarse es la comparación de resultados entre las medidas tomadas, es decir datos de la señal que está transmitiendo el canal Color Tv y los resultados teóricos obtenidos con los modelos de propagación.

El objetivo principal es seleccionar y escoger el modelo de propagación que mejor se ajuste a las medidas reales realizadas, tomando en cuenta la parte geográfica de las dos ciudades que comprenden zonas montañosas, irregulares comprendidas de valles y colinas. Los modelos ITU-R 525, ITU-R 525/526 y el ITU-R 1546 son los modelos estudiados para el caso. Todos estos modelos trabajan o son utilizados en la banda UHF, debido a que tienen en cuenta la información sobre el tipo de entorno y terreno que puede ser creado por una capa clutter.

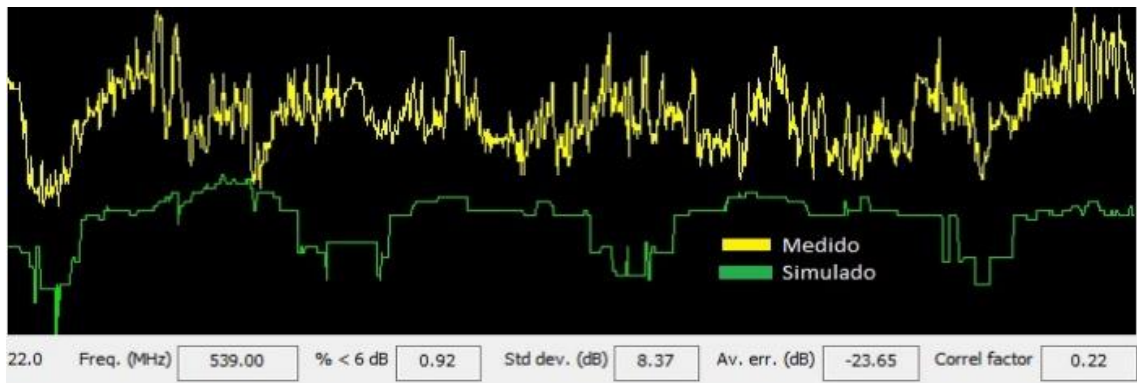
#### **4.1 Correlación de las medidas de campo con los métodos de predicción**

Es posible establecer cuál es el modelo de propagación a partir de medidas de campo realizadas que mejor se ajustan a las condiciones de propagación presentes en las dos ciudades. El análisis se realiza comprobando la correlación entre los valores de campo eléctrico recibido en la estación SACER y obtenidos mediante los métodos de predicción, iniciaremos el análisis en la ciudad de Latacunga.

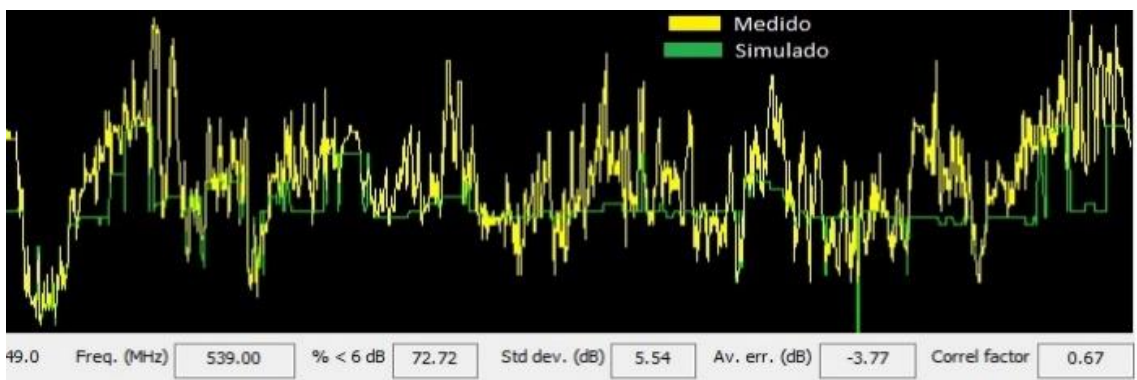
##### ***4.1.1 Análisis de correlación de las medidas de campo en la ciudad de Latacunga***

###### ***4.1.1.1 ITU-R 525***

Para el caso del ITU-R P.525 se analizaron tres tipos de difracciones, Deygout 94, Forma Redondeada y Forma de cilindros, cada uno con dos métodos de subruta que para este caso fueron la subruta ITU-R 526 y la subruta de Integración fina. En las Figuras 2-4, 3-4 y 4-4, se observan los resultados gráficos que se obtuvieron y así mismo en la Tabla 1-4 los resultados numéricos que se obtuvieron para el modelo ITU-R 525 con cada una de las combinaciones que se indicaron.



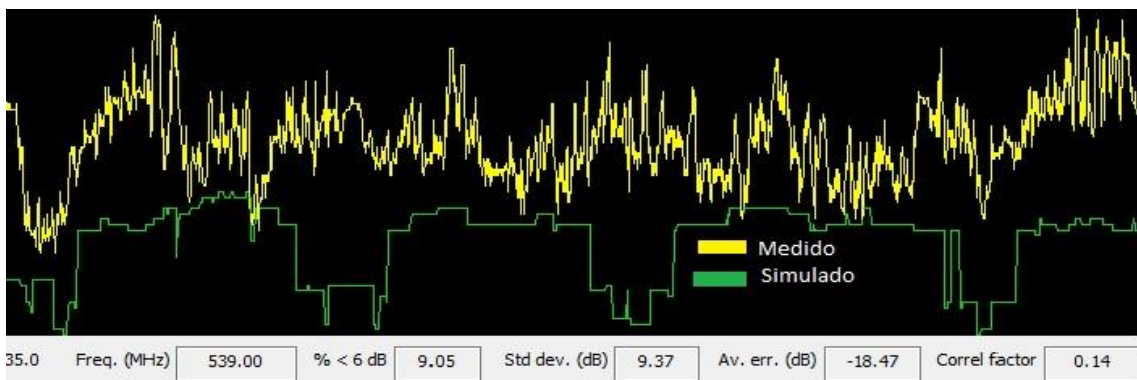
(a) Atenuación Subpath ITU-R 526



(b) Atenuación Subpath Integración Fina

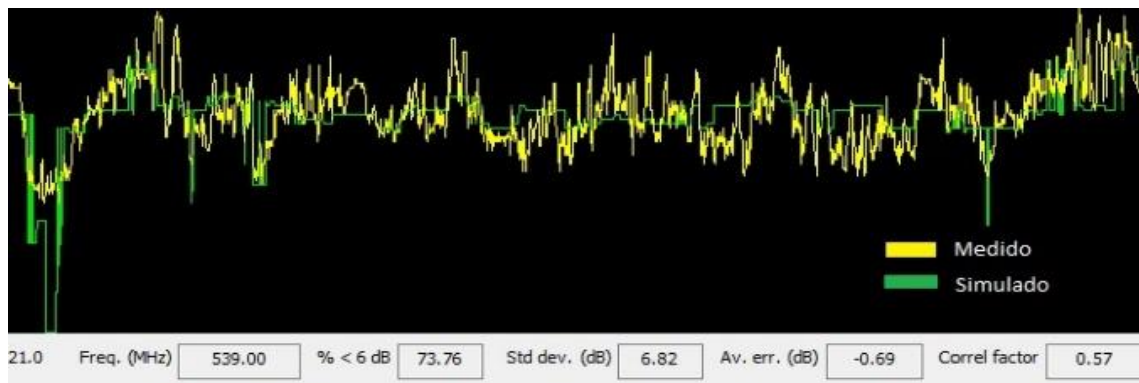
**Figura 2-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con Geometría de difracción Deygout94 y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017



(a) Subruta ITU-R 526.

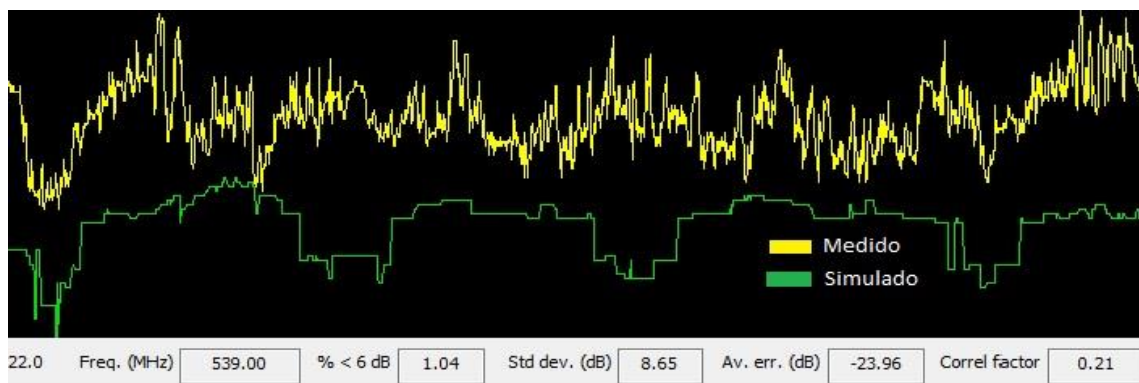




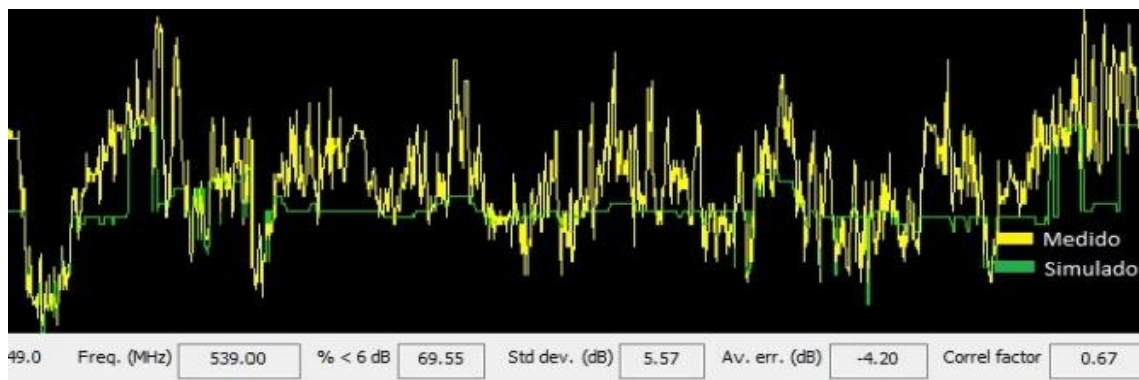
(b) Subruta Integración Fina.

**Figura 3-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017



(a) Subruta ITU-R 526



(b) Subruta Integración Fina

**Figura 4-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 1-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525.

Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R 525	Deygout94	ITU-R 526	0.22	8.37
		Integración fina	0.67	5.54
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.14	9.37
		Integración fina	0.57	6.82
	Cilindros	ITU-R 526	0.21	8.65
		Integración fina	0.67	5.57

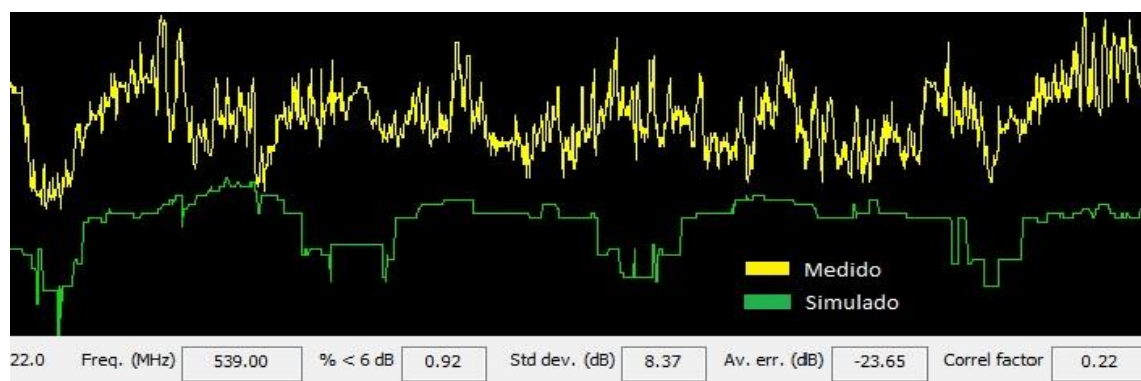
Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Entre los resultados obtenidos de las simulaciones y las mediciones, se puede decir que el modelo de propagación que entrega una mejor señal del canal de televisión son el Deygout94 con Integración Fina y el modelo Cilindros con Integración Fina, debido a que los dos tienen un factor de correlación de 0.67 que es el valor más cercano a 1 que es el más efectivo para estos casos. Con respecto a la atenuación por subruta, la Integración Fina permite un mejor ajuste frente a la opción ITU-R 526.

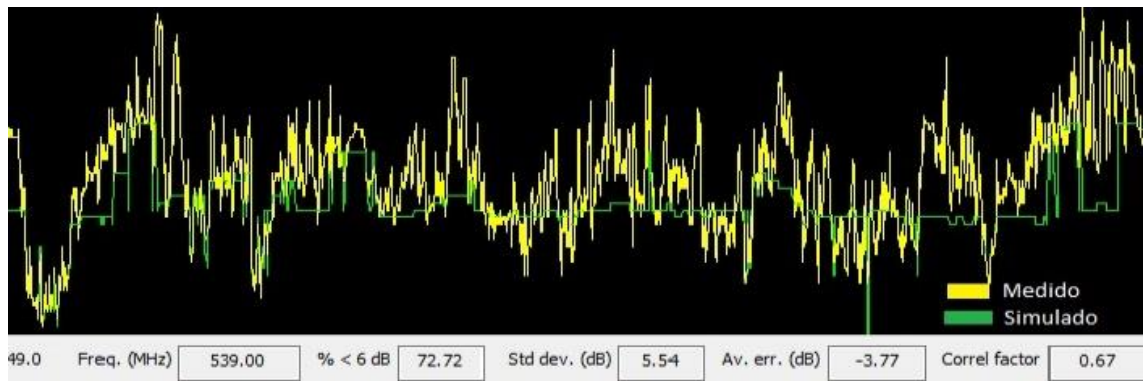
#### 4.1.1.2 ITU-R 525/526

Para el modelo de propagación ITU-R P.525 se realizó muy similar al ITU-R 525, para este modelo se analizaron tres tipos de difracciones, Deygout 94, Forma Redondeada y Forma de cilindros cada uno con dos métodos de subruta la ITU-R 526 y de Integración fina.

En las Figuras 5-4, 6-4 y 7-4, se observan los resultados gráficos que se obtuvieron y así mismo en la Tabla 2-4, se observan los resultados numéricos que se obtuvieron para el modelo ITU-R 525/526 con cada una de las combinaciones que se indicaron.



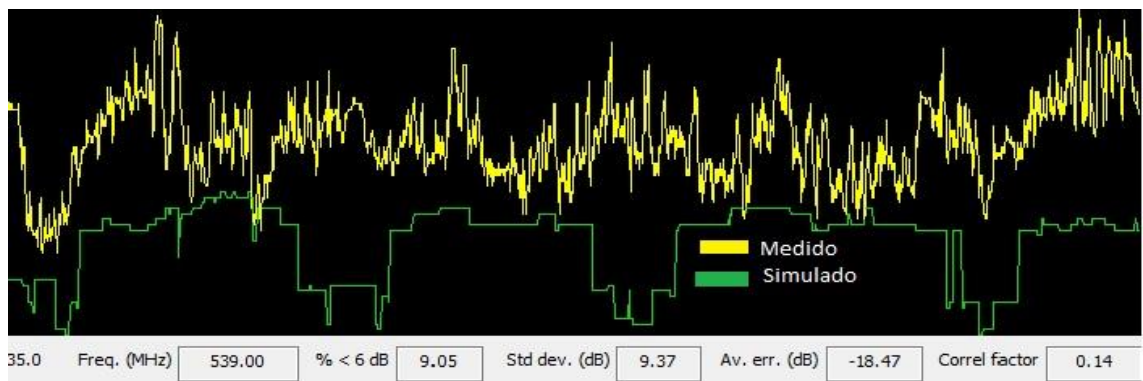
**(a)** Subruta ITU-R 526



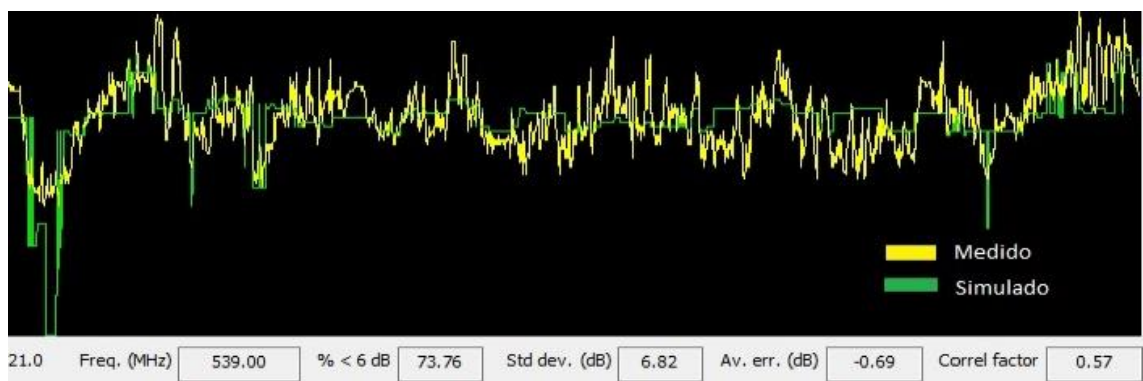
(b) Subruta Integración Fina

**Figura 5-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Deygout94 y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017



(a) Subruta ITU-R 526

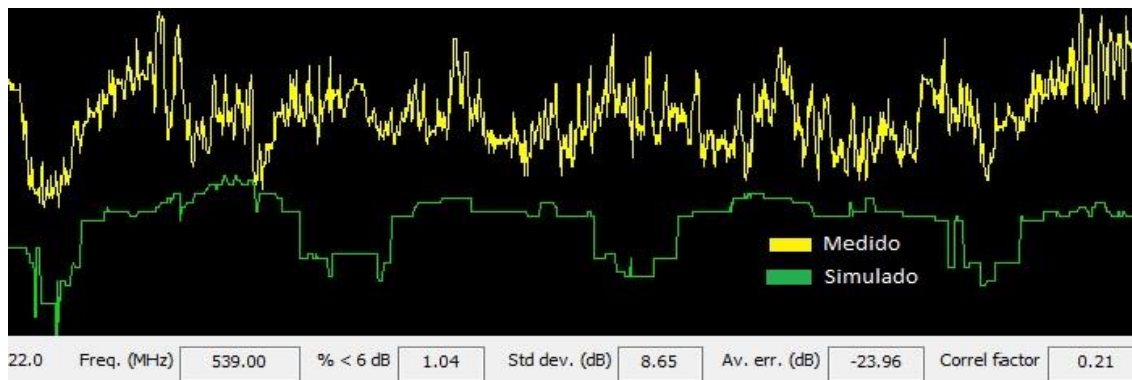


(b) Subruta Integración Fina

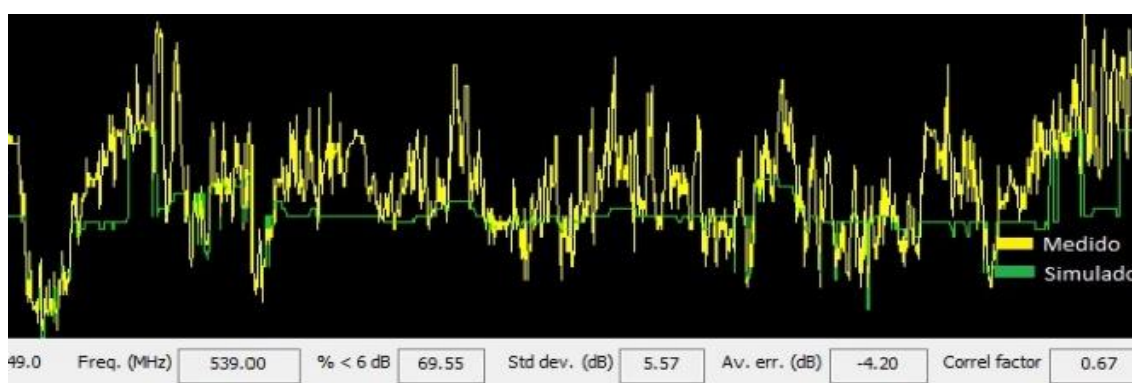
**Figura 6-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017





(a) Subruta ITU-R 526



(b) Subruta Integración Fina

**Figura 7-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 2-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525/526.

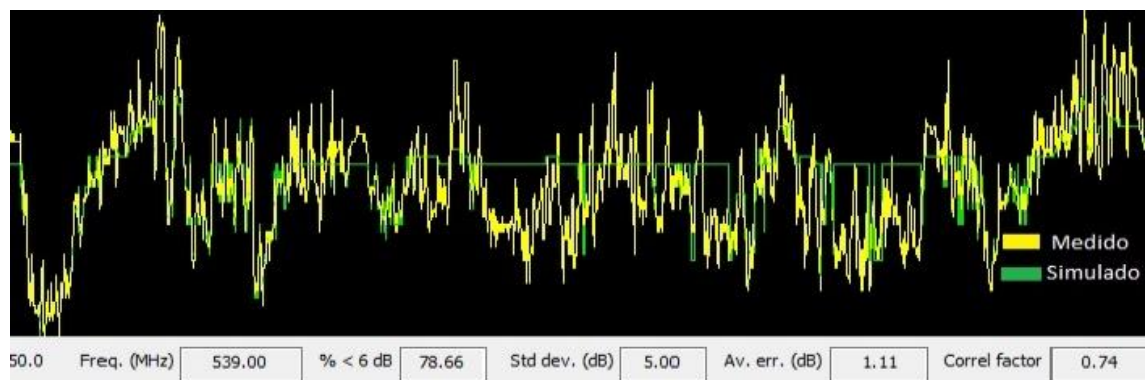
Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R P.525/526	Deygout94	ITU-R 526	0.22	8.37
		Integración fina	0.67	5.54
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.14	9.37
		Integración fina	0.57	6.82
	Cilindros	ITU-R 526	0.21	8.65
		Integración fina	0.67	5.57

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

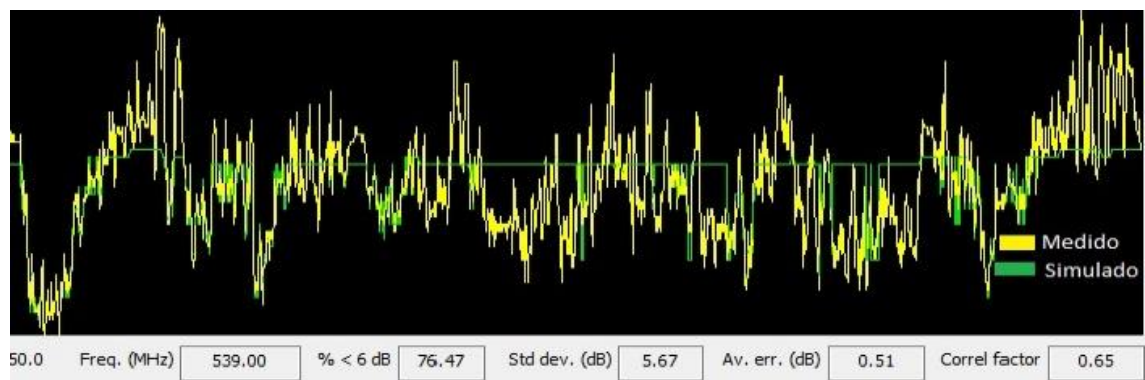
En el caso del modelo de propagación ITU-R 525/526, el método de difracción más adecuado es el Deygout94 y Modelo de Cilindros, con respecto a la atenuación por subruta, la Integración Fina permite un mejor ajuste frente a la opción ITU-R 526. Cabe indicar que los modelos ITU-R 525 y el ITU-R 525/526 según los resultados obtenidos guardan estrecha similitud en las medidas simuladas y obtenidas.

#### 4.1.1.3 ITU-R 1546.

Este modelo de propagación es un modelo semi-determinista, que se basa principalmente en medidas de campo con factores de corrección en donde ya se tienen en cuenta atenuaciones por difracción y por subruta. En la tabla 3-4, se muestra la correlación para el 50% de ubicaciones y para diferentes valores de intensidad de campo rebasados el 1% o el 50% del tiempo, y en la Figura 8-4, se observa la simulación.



(a) Subruta Localización 50% Tiempo 1%



(b) Subruta Localización 50% Tiempo 50%

**Figura 8-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo.

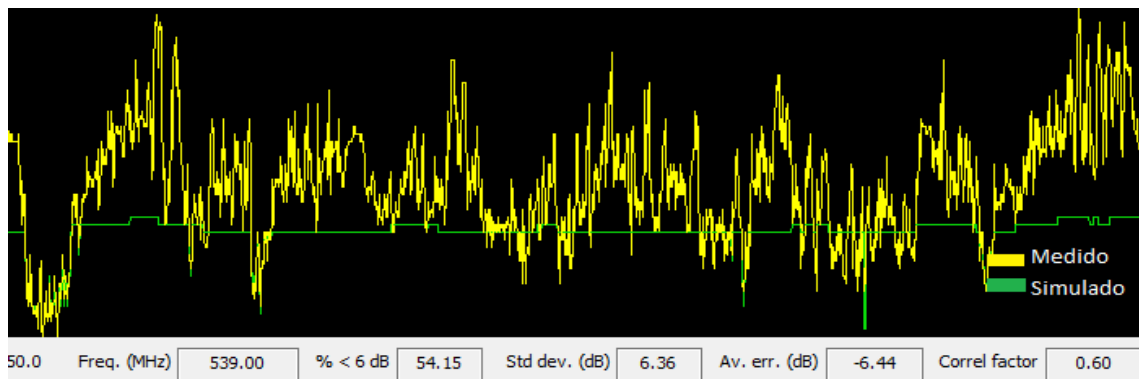
Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 3-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo.

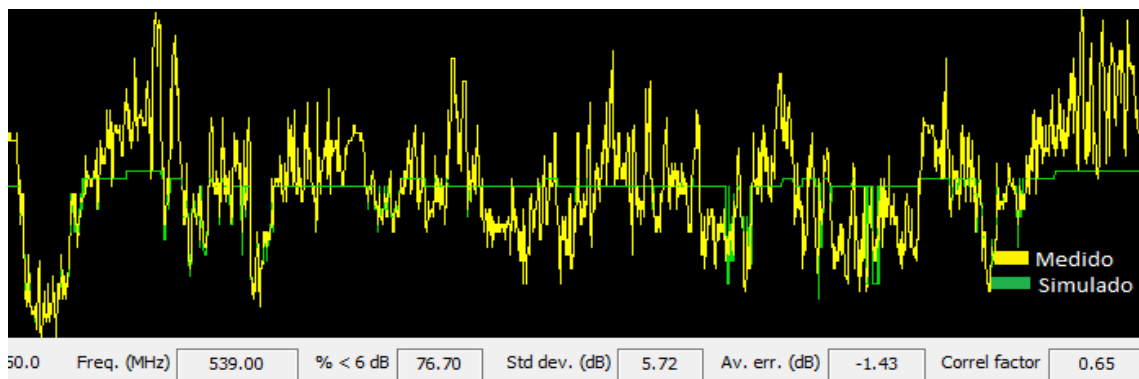
Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R 1546 Localización 50% Tiempo 1%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.74	5
ITU-R 1546 Localización 50% Tiempo 50%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.65	5.67

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Como se puede observar tanto en la Figura 9-4 y en la Tabla 4-4, la diferencia entre los factores de correlación para los diferentes porcentajes de tiempo es imperceptible. Al comparar el modelo ITU-R 525, el ITU-R 525/526 y el modelo ITU-R 1546, se puede observar que el este último tiene una mayor correlación que las medidas de los dos primeros modelos de propagación.



(a) Subruta Localización 95% Tiempo 50%



(b) Subruta Localización 70% Tiempo 50%

**Figura 9-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

Además se realizaron varias pruebas en el que se cambia la correlación para el 95% y 70 % de localizaciones y para diferentes valores de intensidad de campo rebasados el 1% o el 50% del tiempo.

**Tabla 4-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo.

Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R 1546 Localización 95% Tiempo 50%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.60	6.36
ITU-R 1546 Localización 70% Tiempo 50%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.65	5.72

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

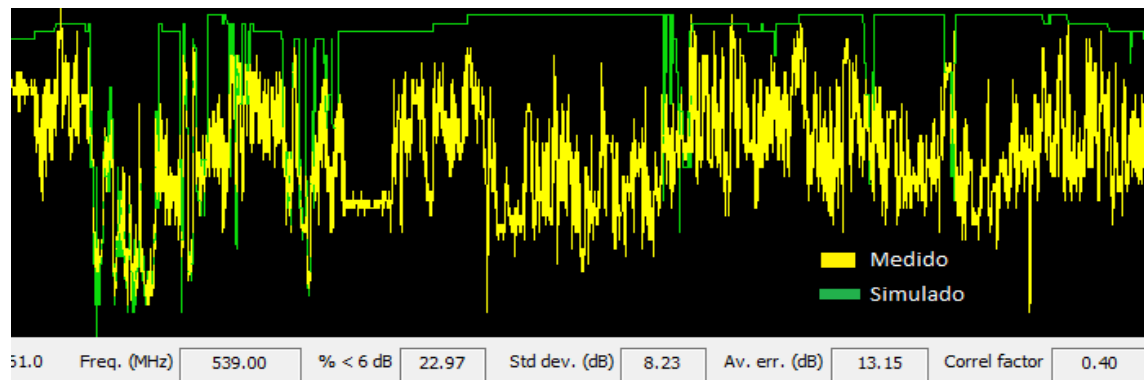
Como se observa en la Figura 9-4, y la Tabla 4-4, la diferencia entre los factores de correlación para los diferentes porcentajes de tiempo tienen una pequeña variación. Pero estas medidas comparadas con respecto a la localización 50% y en tiempo 1 de la tabla 3-4, Se puede observar que éste último modelo es el que tiene un mayor factor de correlación con 0.74, sin embargo el caso es específico, debido a que la practica un sistema con disponibilidad del 1 % del tiempo Tampoco es el más adecuado.

#### **4.1.2 Análisis de correlación de las medidas de campo en la ciudad de Ambato**

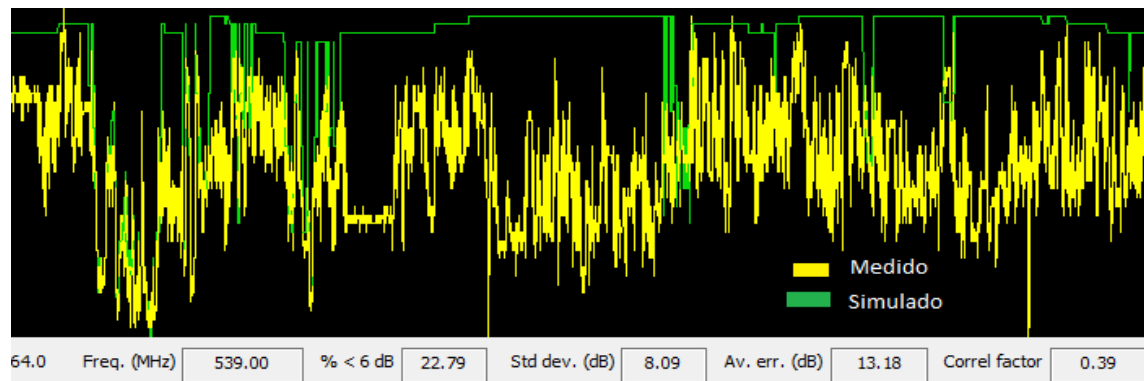
Para el análisis de los modelos de propagación entre muestras medidas con la estación SACER y las simuladas, para la ciudad de Ambato se procedió de manera similar que en la ciudad de Latacunga.

#### 4.1.2.1 ITU-R 525.

Para el caso del ITU-R P.525 se analizaron tres tipos de difracciones, Deygout 94, Forma Redondeada y Forma de cilindros, cada uno con dos métodos de subruta que para este caso fueron la subruta ITU-R 526 y la subruta de Integración fina. En las Figuras 10-4, 11-4 y 12-4, se observan los resultados gráficos que se obtuvieron y así mismo en la Tabla 5-4, los resultados numéricos que se obtuvieron para el modelo ITU-R 525 con cada una de las combinaciones que se indicaron.



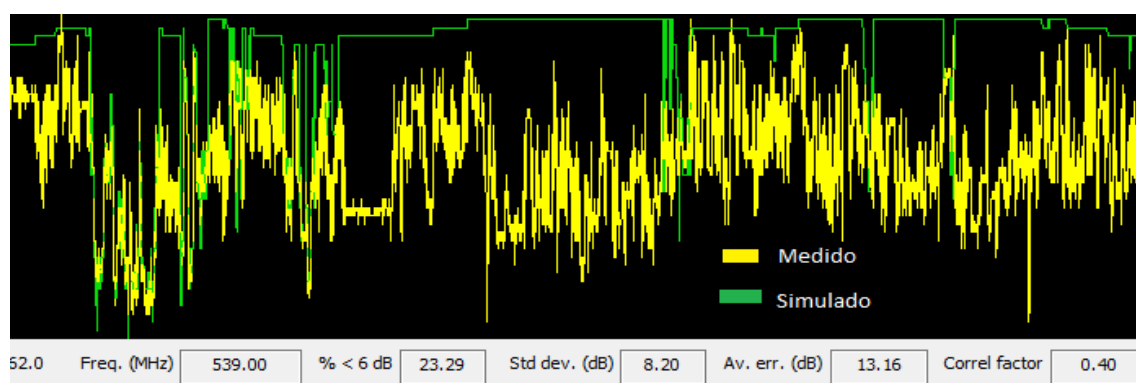
(a) Subruta ITU-R 526



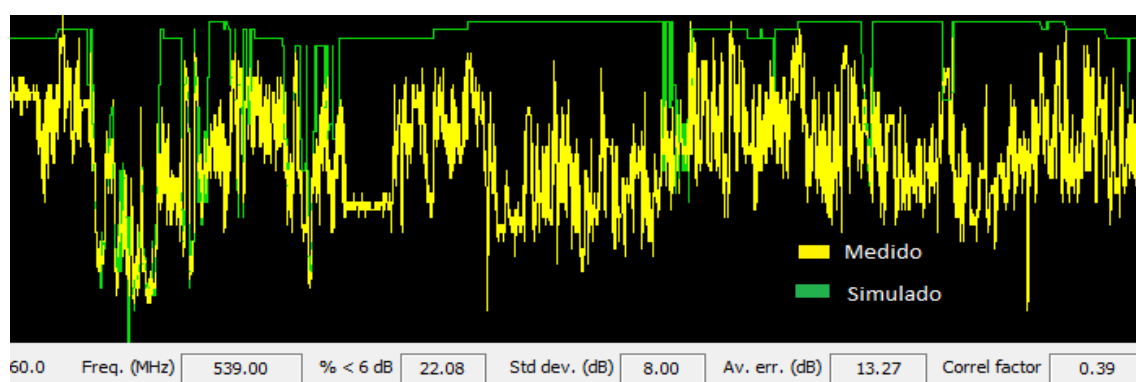
(b) Subruta Integración Fina

**Figura 10-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Deygout94 y medidas de campo

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017



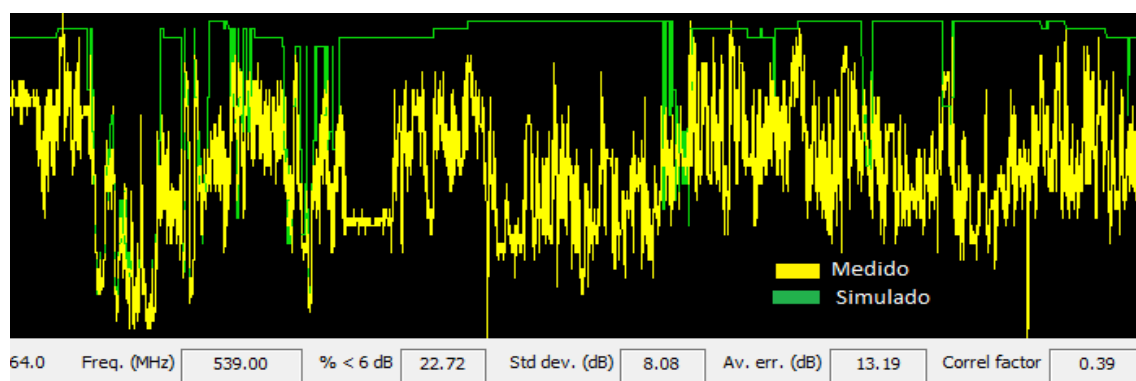
(a) Subruta ITU-R 526



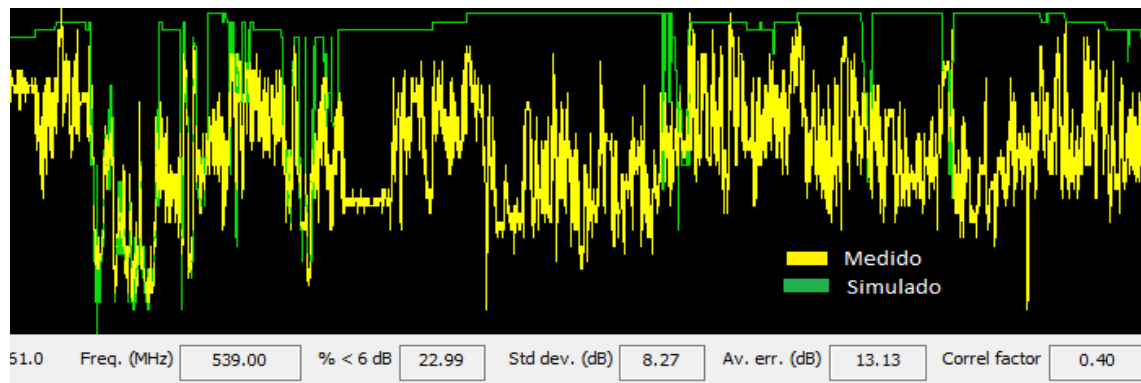
(b) Subruta Integración Fina

**Figura 11-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017



(a) Subruta ITU-R 526



(b) Subruta Integración Fina

**Figura 12-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 5-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525.

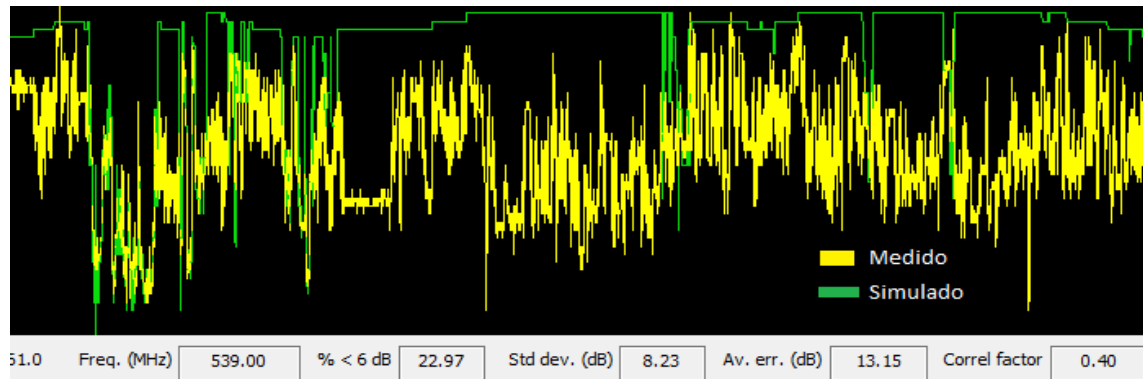
Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R P.525	Deygout94	ITU-R 526	0.40	8.23
		Integración fina	0.39	8.09
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.40	8.20
		Integración fina	0.39	8.0
	Cilindros	ITU-R 526	0.40	8.27
		Integración fina	0.39	8.08

**Realizado por:** Jácome, Jairo, 2017

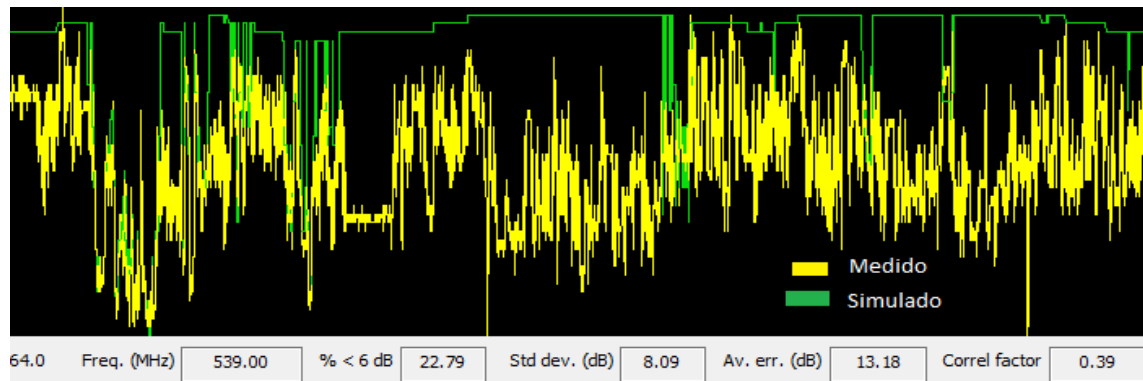
Entre los resultados obtenidos de las simulaciones y las mediciones, se puede decir que el modelo de propagación que entrega una mejor señal del canal de televisión son el Deygout94, Forma redondeada y Cilindros, estas tres con el Modelo Subpath ITU-R 526, debido a que los tres tienen un factor de correlación de 0.40 que es el valor más cercano a 1 y el más efectivo para estos casos.

#### 4.1.2.2 ITU-R 525/526

Para el modelo de propagación ITU-R P.525/526 se realizó muy similar al ITU-R 525, para este modelo se analizaron tres tipos de difracciones, Deygout 94, Forma Redondeada y Forma de cilindros cada uno con dos métodos de subruta la ITU-R 526 y de Integración fina. En las Figuras 13-4, 14-4 y 15-4, se observan los resultados gráficos que se obtuvieron y así mismo en la Tabla 6-4, se observan los resultados numéricos que se obtuvieron para el modelo ITU-R 525/526 con cada una de las combinaciones.



(a) Subruta ITU-R 526

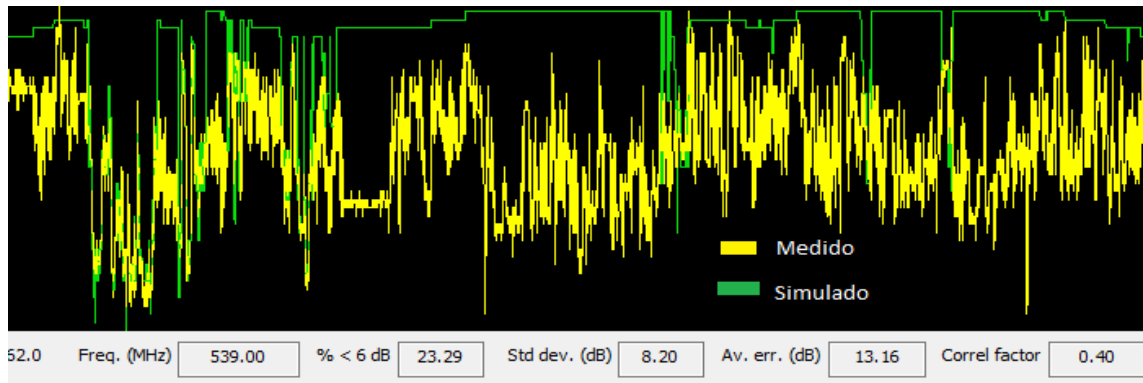


(b) Subruta Integración Fina

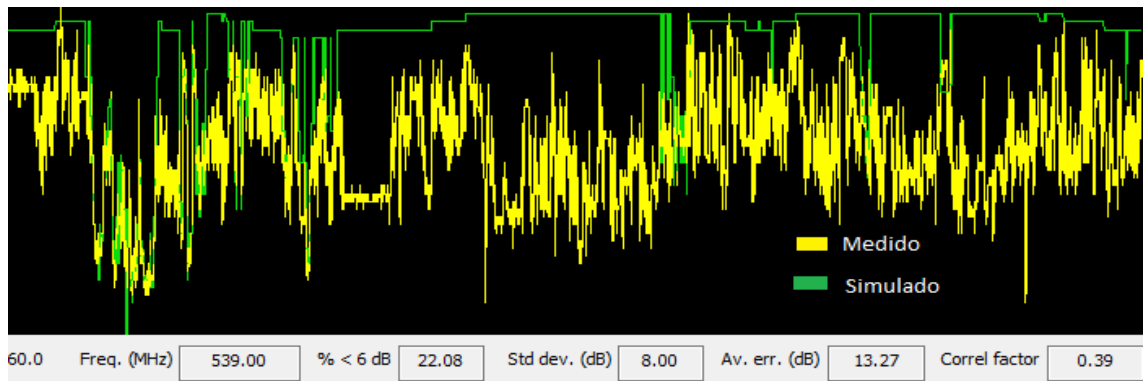
**Figura 13-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Deygout94 y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017





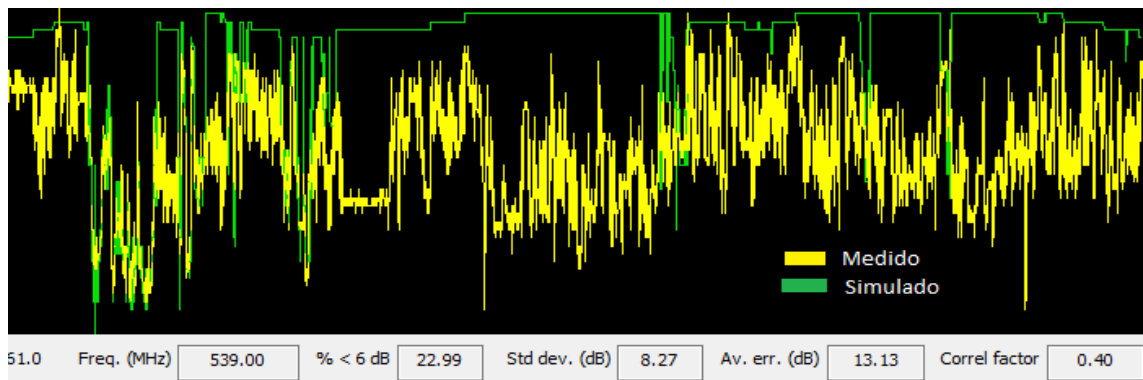
(a) Subruta ITU-R 526



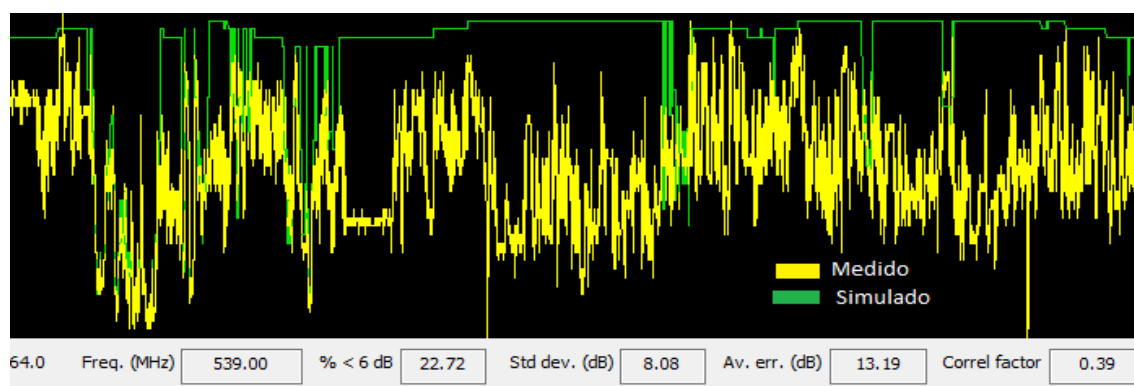
(b) Subruta Integración Fina

**Figura 14-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Redondeada y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017



(a) Subruta ITU-R 526.



(b) Subruta Integración Fina.

**Figura 15-4.** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.525/526 con difracción Forma Cilindro y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 6-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 525/526.

Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R P.525/526	Deygout94	ITU-R 526	0.40	8.23
		Integración fina	0.39	8.09
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.40	8.20
		Integración fina	0.39	8.0
	Cilindros	ITU-R 526	0.40	8.27
		Integración fina	0.39	8.08

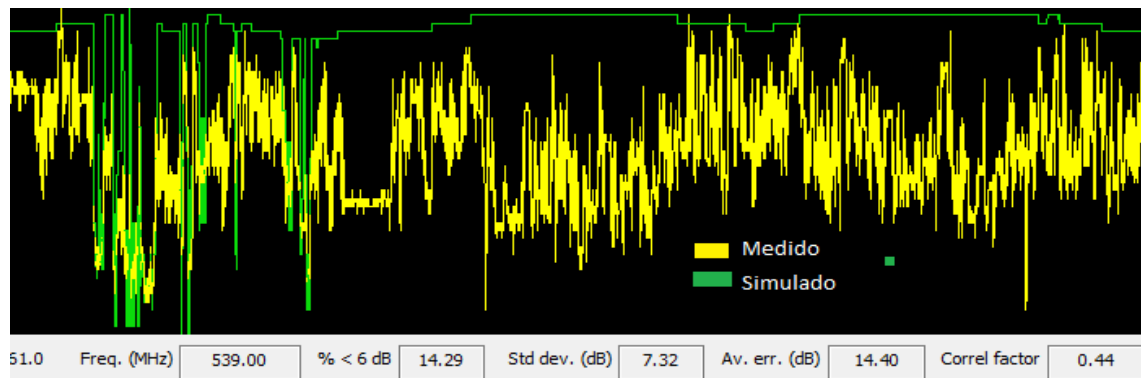
Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Entre los resultados obtenidos de las simulaciones y las mediciones, se puede decir que el modelo de propagación que entrega una mejor señal del canal de televisión son el Deygout94, Forma redondeada y Cilindros, estas tres con el Modelo Subpath ITU-R 526, debido a que los tres tienen un factor de correlación de 0.40 que es el valor más cercano a 1 y el más efectivo para estos casos. Cabe indicar que los modelos ITU-R 525 y el ITU-R 525/526 según los resultados obtenidos guardan estrecha similitud en las medidas simuladas y obtenidas.

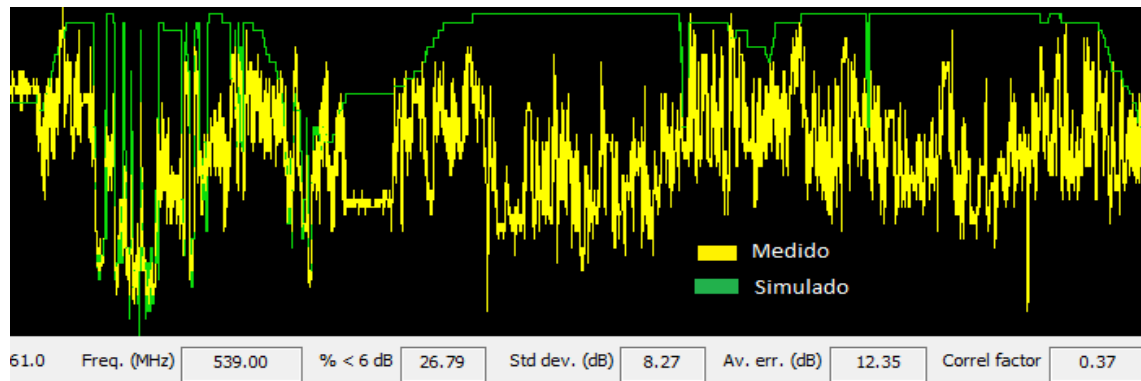
#### 4.1.1.3 ITU-R 1546

Este modelo de propagación es un modelo semi-determinista, que se basa principalmente en medidas de campo con factores de corrección en donde ya se tienen en cuenta atenuaciones por

difracción y por subruta. En la Tabla 7-4, se muestra la correlación para el 50% de ubicaciones y para diferentes valores de intensidad de campo rebasados el 1% o el 50% del tiempo.



(a) Subruta Localización 50% Tiempo 1%.



(b) Subruta Localización 50% Tiempo 50%.

**Figura 16-4** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo.

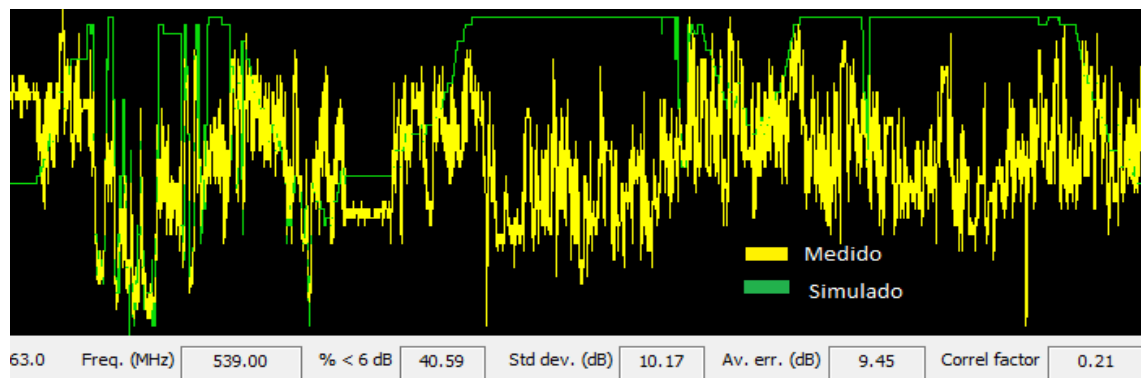
Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

**Tabla 7-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo.

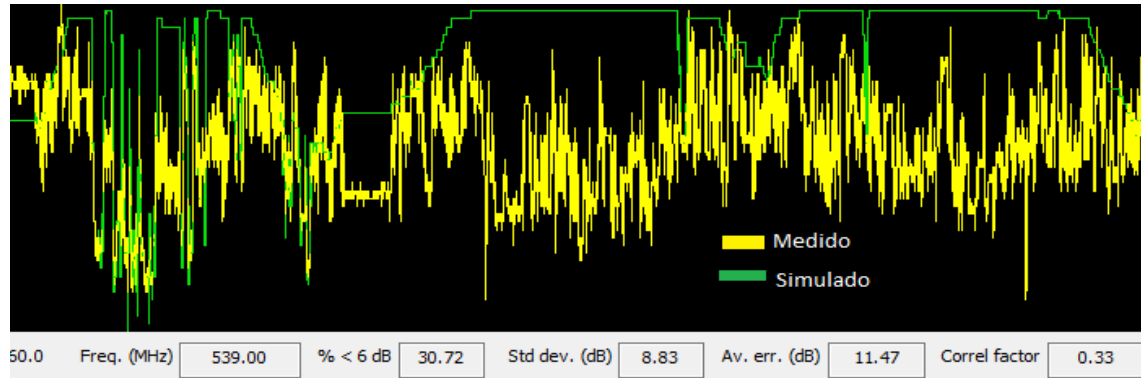
Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R 1546 Localización 50% Tiempo 1%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.44	7.32
ITU-R 1546 Localización 50% Tiempo 50%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.37	8.27

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Como se puede observar tanto en la Figura 4-16 y en la Tabla 7-4, la diferencia entre los factores de correlación para los diferentes porcentajes de tiempo es imperceptible. Al comparar el modelo ITU-R 525, el ITU-R 525/526 y el modelo ITU-R 1546, se observa que el este último tiene una mayor correlación que las medidas de los dos primeros modelos de propagación.



(a) Subruta Localización 95% Tiempo 50%



(b) Subruta Localización 70% Tiempo 50%

**Figura 17-4** Correlación entre modelo propagación ITU-R P.1546 sin difracción y medidas de campo.

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Además se realizaron varias pruebas en el que se cambia la correlación para el 95% y 70 % de localizaciones y para diferentes valores de intensidad de campo rebasados el 1% o el 50% del tiempo.

**Tabla 8-4:** Resumen del Análisis de Correlación con el modelo ITU-R 1546 con Localización y Tiempo.

Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
ITU-R 1546 Localización 95% Tiempo 50%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.21	10.17
ITU-R 1546 Localización 70% Tiempo 50%	Sin difracción	Sin pérdidas	0.33	8.83

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Como se observa en la Figura 17-4 y la Tabla 8-4, la diferencia entre los factores de correlación para los diferentes porcentajes de tiempo tienen una pequeña variación. Pero estas medidas comparadas con respecto a la localización 50% y en tiempo 1% de la tabla 10, se puede observar que éste último modelo es el que tiene un mayor factor de correlación con 0,44 pero considerando que es un escenario particular. Igual. Sin embargo en un sistema de comunicaciones se espera

que el porcentaje de tiempo de disponibilidad sea al menos superior al 50% y de manera general el que mejor se ajusta es el modelo de propagación 525/526, pero realizando la consideración de un porcentaje de tiempo bajo el que mejor se ajusta es el modelo ITU-R 1546.

## CAPITULO V

### 5. PROPUESTA

Para realizar la propuesta al estudio realizado, citaremos la Tabla 1-5 para la ciudad de Latacunga, en la que se puede observar el resumen de resultados de las simulaciones realizadas con las medidas tomadas y las simuladas.

Para la ciudad de Latacunga la propuesta de modelo de propagación es el ITU-R 525/526, debido a que su factor de correlación es 0.67 y se aproxima a 1 que es el valor ideal, este es el que más se acerca a las muestras tomadas de las pruebas realizadas. El modelo de propagación ITU-R 1546 con localización 50% y tiempo 1% es el que para la ciudad de Latacunga tiene un factor de correlación de 0.74 que se puede considerar es mejor que el factor de correlación del modelo 525/526, sin embargo estos casos son especiales debido a que el escenario con esas condiciones son muy particulares y es probable que no se de en la vida real.

**Tabla 1-5:** Resumen de Resultados de los Modelos de Propagación y sus Modelos de Difracción y Subpath de Latacunga.

Modelo propagación	Modelo difracción	Modelo Subpath	Factor Correlación	Desviación Estándar (dB)
<b>ITU-R 525</b>	Deygout94	ITU-R 526	0.22	8.37
		Integración fina	0.67	5.54
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.14	9.37
		Integración fina	0.57	6.82
	Cilindros	ITU-R 526	0.21	8.65
		Integración fina	0.67	5.57
<b>ITU-R P.525/526</b>	Deygout94	ITU-R 526	0.22	8.37
		Integración fina	0.67	5.54
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.14	9.37
		Integración fina	0.57	6.82
	Cilindros	ITU-R 526	0.21	8.65
		Integración fina	0.67	5.57
<b>ITU-R 1546 Localización 50% Tiempo 1%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.74	5
<b>ITU-R 1546 Localización</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.65	5.67

<b>50%</b> <b>Tiempo 50%</b>				
<b>ITU-R 1546</b> <b>Localización</b> <b>95%</b> <b>Tiempo 50%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.60	6.36
<b>ITU-R 1546</b> <b>Localización</b> <b>70%</b> <b>Tiempo 50%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.65	5.72

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

Para la ciudad de Ambato citaremos la Tabla 2-5, en la que se puede observar el resumen de resultados de las simulaciones realizadas con las medidas tomadas y las simuladas.

Para la ciudad de Latacunga la propuesta de modelo de propagación es el ITU-R 525/526, debido a que su factor de correlación es 0.40 y se aproxima a 1 que es el valor ideal, este es el que más se acerca a las muestras tomadas de las pruebas realizadas. El modelo de propagación ITU-R 1546 con localización 50% y tiempo 1% es el que para la ciudad de Latacunga tiene un factor de correlación de 0.44 que se puede considerar es mejor que el factor de correlación del modelo 525/526, sin embargo este caso es especial debido a que el escenario con esas condiciones son muy particulares.

**Tabla 2-5:** Resumen de Resultados de los Modelos de Propagación y sus Modelos de Difracción y Subpath de Ambato.

<b>Modelo propagación</b>	<b>Modelo difracción</b>	<b>Modelo Subpath</b>	<b>Factor Correlación</b>	<b>Desviación Estándar (dB)</b>
<b>ITU-R P.525</b>	Deygout94	ITU-R 526	0.40	8.23
		Integración fina	0.39	8.09
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.40	8.20
		Integración fina	0.39	8.0
	Cilindros	ITU-R 526	0.40	8.27
		Integración fina	0.39	8.08
<b>ITU-R P.525/526</b>	Deygout94	ITU-R 526	0.40	8.23
		Integración fina	0.39	8.09
	Forma Redondeada	ITU-R 526	0.40	8.20
		Integración fina	0.39	8.0
	Cilindros	ITU-R 526	0.40	8.27
		Integración fina	0.39	8.08



<b>ITU-R 1546</b> <b>Localización</b> <b>50%</b> <b>Tiempo 1%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.44	7.32
<b>ITU-R 1546</b> <b>Localización</b> <b>50%</b> <b>Tiempo 50%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.37	8.27
<b>ITU-R 1546</b> <b>Localización</b> <b>95%</b> <b>Tiempo 50%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.21	10.17
<b>ITU-R 1546</b> <b>Localización</b> <b>70%</b> <b>Tiempo 50%</b>	Sin difracción	Sin pérdidas	0.33	8.83

Realizado por: Jácome, Jairo, 2017

## CONCLUSIONES

- Para la planificación de redes, de las ciudades de Ambato y Latacunga en donde su zona geográfica y topográfica es muy similar por encontrarse no muy distantes una de la, otra y por encontrarse en la región centro del Ecuador el modelo de propagación que mejor se ajusta a las condiciones mencionada es el ITU-R 525/526.
- Las condiciones de propagación de TDT para los canales de televisión que operan en las ciudades de Latacunga y Ambato, son similares; Debido a que cada ciudad tiene edificaciones que se concentran en la cabecera cantonal de la ciudad y es donde la señal llega con menor potencia que en las zonas periféricas donde el escenario es al contrario.
- El utilizar el modelo de propagación adecuado, nos permitirá ahorrarnos trabajo, tiempo y dinero.
- Para determinar el modelo de propagación para TDT en las dos ciudades fue fundamental realizar el análisis comparativo de las medidas que fueron tomadas con las medidas simuladas, éste análisis permitió determinar qué modelo se ajusta a lo requerido.

## **RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones que se dan al estudio realizado para el presente tema de titulación son:

- Realizar la toma de medidas de canales de Televisión Digital Terrestre para las ciudades y provincias de la región centro que faltan, y para las provincias de las regiones Insular, costa y oriente.
- Extender el análisis realizado en el presente tema de titulación para las demás ciudades y provincias del Ecuador.
- Afinar los modelos de propagación para cada topografía y condiciones climáticas para cada provincia, o por lo menos para cada región del Ecuador.
- Caracterizar adecuadamente las antenas y realizar estudios minuciosos antes que los canales de televisión pongan a funcionar y desplegar los transmisores.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**DVB-T2 Std 755, E. S. (2012).** Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2).

**ALULEMA, D. (2012).** La Televisión Digital Terrestre en el Ecuador es Interactiva. *EIDOS*, 96.

**ATSC Std A/53. (2007).** Digital Television Standard.

**ISDB-T Std BROADCASTING, T. S. (2005).** ARIB Std. STD B31.

**ECUADOR. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS. I. n. (s.f.).**

[http://www.inec.gob.ec/tabulados\\_CPV](http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV). Obtenido de

[http://www.inec.gob.ec/tabulados\\_CPV/2\\_Densidad\\_pobla\\_Nac\\_prov\\_Cant\\_Parr.XLSX](http://www.inec.gob.ec/tabulados_CPV/2_Densidad_pobla_Nac_prov_Cant_Parr.XLSX)

**DEYGOUT, J. (Julio de 1966).** Multiple knife-edge diffraction of microwaves. *IEEE Transactions*, 14(4), 480-489.

**ECUADOR, ASAMBLEA NACIONAL. (2008).** <http://www.asambleanacional.gob.ec/es>.

Obtenido de [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf).

**Giménez Gandia, J. J., López Sánchez, J., Gómez Barquero, D., & Cardona, N. (2011).**

Modelos de propagación radio para redes de TDT móvil en la banda UHF. *Revista S&T*, 19.

**HATAY, M. (Agosto de 1980).** Empirical formula for propagation loss in land mobile radio.

*IEEE Transactions on*, 29(3), 317-325.

**ECUADOR, MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES.**

<http://www.telecomunicaciones.gob.ec/television-digital-terrestre-en-el-ecuador/>. (s.f.).

**ECUADOR, MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES.**

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/>. (Febrero de 2015). Proceso de Implementación de la Televisión Digital Terrestre en Ecuador. Obtenido de

<https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2015/02/PRESENTACIO%CC%81N\_TDT\_MINTEL-Febrero-2015.pdf

**FAY, L. MICHAEL, D. GOMEZ-BARQUERO, N. AMMAR, AND M. CALDWELL. (2006).** An Overview of the ATSC 3.0 Physical Layer Specification. *IEEE Transactions on*, 62(1).

**MACIEL L. R, H. L. (1993).** Unified Approach to Prediction. *IEEE Transactions on Vehicular technology*, 42(1).

**DTMB Ong, C. y. (2009).** Latest Development of Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting DTMB Technologies. *Hong Kong Applied Science and Technology Research Institute*.

**PISCIOTTA, N. O. (2010).** Sistema ISDB-Tb (Primera Parte). En I. N. Pisciotta, *Sistema ISDB-Tb (Primera Parte)* (pág. 45). Buenos Aires.

**RIBADENEIRA RAMÍREZ, J. A. (2016).** *Planificación de Frecuencias para Televisión Digital Terrestre (TDT) en Sudamérica*. España, Valencia.

**DVB-T Std. Structure, E. E. (2009).** Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television. *ETSI Std. EN 300 744*.

**ECUADOR, MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES (2015).** *Proceso de implementación de la televisión digital en el Ecuador*. Quito.

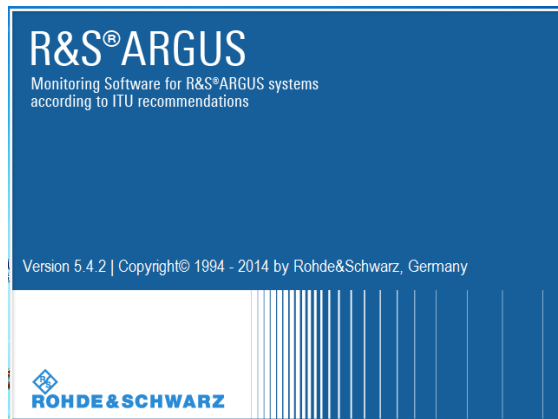
**ECUADOR, MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES, U. I. (Septiembre de 2013).** Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz. *Recomendación P.1546*.

**ECUADOR, MINISTERIO DE TELECOMUNICACIONES, U. I. (Noviembre de 2016).** Calculation of free-space attenuation. *Recommendation P.525-3*.

## ANEXOS

### ANEXO A. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE ARCGUS DE LA ESTACIÓN SACER SCT-01

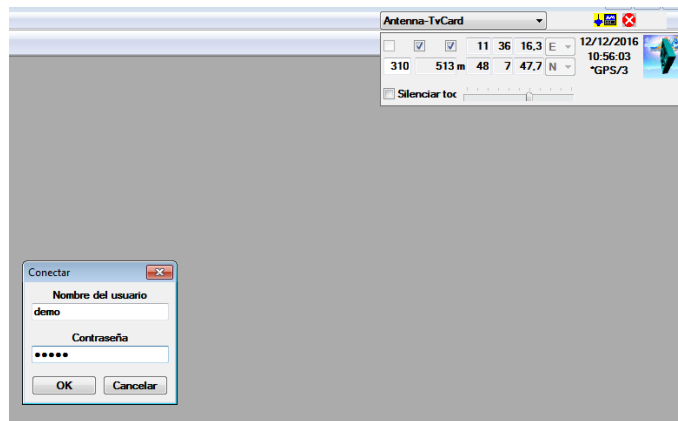
#### Paso 1. Inicializamos el Computador con ARGUS



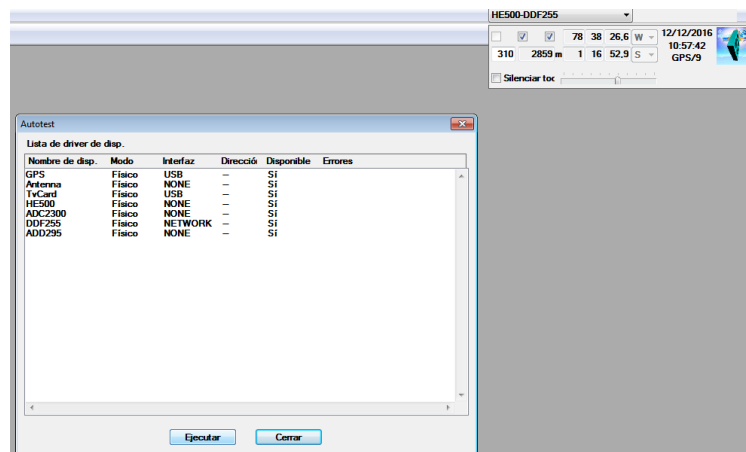
#### Paso 2. Le damos click en Archivo y luego en Conectar



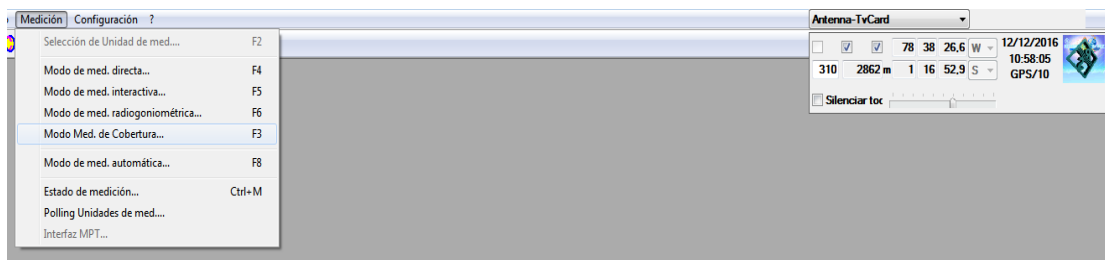
#### Paso 3. Para realizar la conexión nos solicitó una contraseña



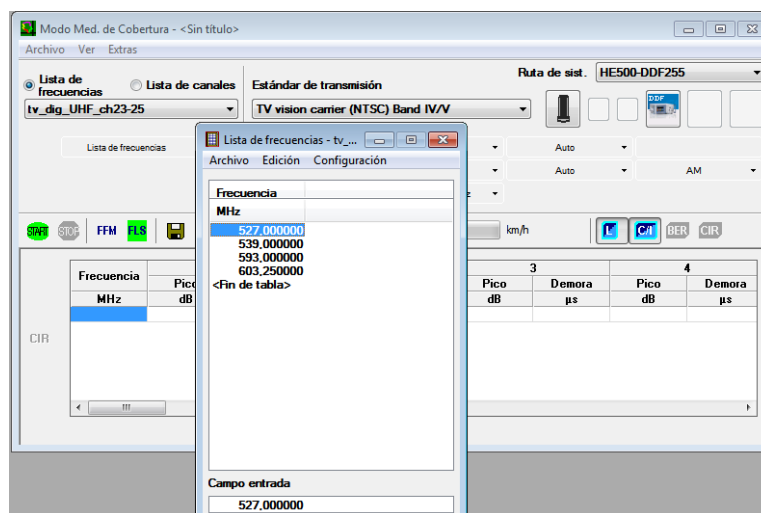
**Paso 4.** Luego de realizada la conexión, pasamos a revisar si el GPS está listo para empezar las mediciones como se observa en la parte superior de la imagen el GPS está conectado.



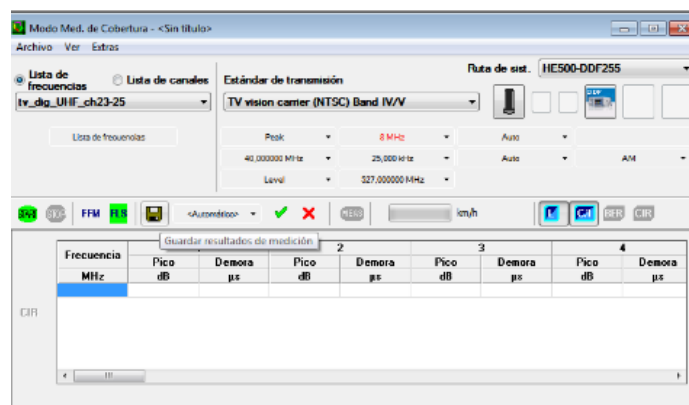
**Paso 5.** Para iniciar, le damos click en el Modo Medición de cobertura, esto se realiza para iniciar con la toma de muestras.



**Paso 6.** Dentro del Modo de Medición de Cobertura, en el listado de frecuencias configuramos las frecuencias a medir, para este caso 527MHZ para el canal Unimax de la ciudad de Ambato, y 539MHZ para el canal COLOR TV de la ciudad de Latacunga.



**Paso 7.** Una vez configuradas las frecuencias, procedemos a darle un nombre al archivo en el que se almacenarán las muestras que se tomen y el mismo se caracterizará por ser de extensión .xls



Para este caso el archivo se lo denominó TDTAMBATO\_161212\_1, como paso siguiente le damos un click en guardar como, y empezamos la toma demuestras



Navegador

Archivos de sist.

Tipo de archivo

Resultados de medic.

Resultados radiogen.

Resultado IMA

Resultado del análisis

Archivos registro

Registro general

Gráfica

Definición de rango

Definición de medición

Definición de horario

Definición de rango CMM

Lista de frecuencias

Lista de transmisores

Lista de canales

Lista de ajustes

Línea límite

Lista de polling

Transductor

Corrección

Nombre de archivo

TDIAMBATO\_161212\_1

Nombre

100\_14G

100\_34G

101\_34G

101\_74G

102\_14G

102\_54G

102\_94G

103\_7AT

103\_74G

104\_54G

104\_54G

105\_34G

106\_1

106\_34G

107\_34G

150-1378\_160922\_001

167-3252\_160922\_001

1900\_150323\_LATA\_1\_D

1900\_150323\_LATA\_1\_U

2030-2070\_07072015

...

Atributos de arch.

Modificado en

Unidad de medición

Grupo / usuario

Nombre de columnas

Reg. de datos

Tamaño

Atributo

Propietario

Nuevo

Abrir como texto

Abrir como gráfico

Reproducir...

Guardar como

Eliminar

Crear archivos de res...

Exportar...

Cargar

Calcular

Info Archivo...

Cerrar

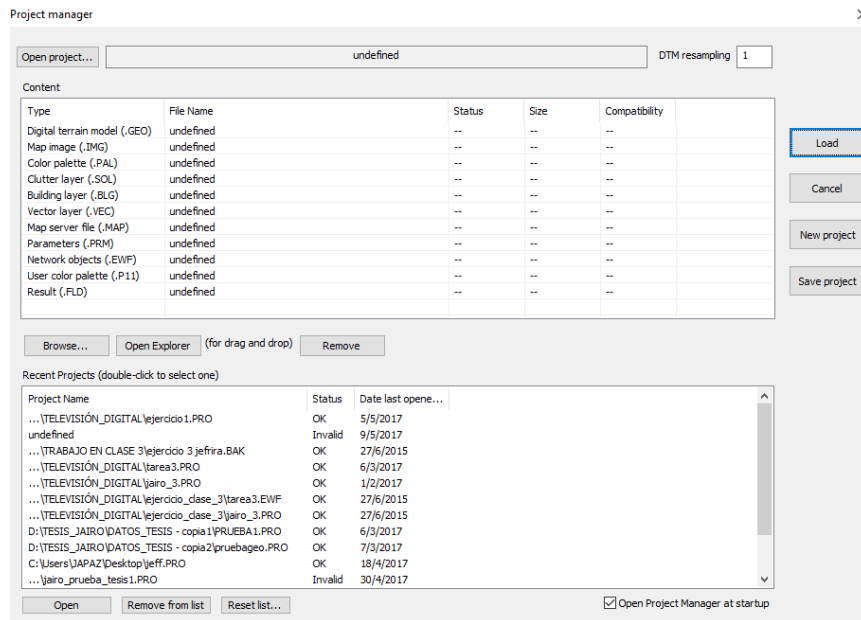
Unidad de medición

1503-01

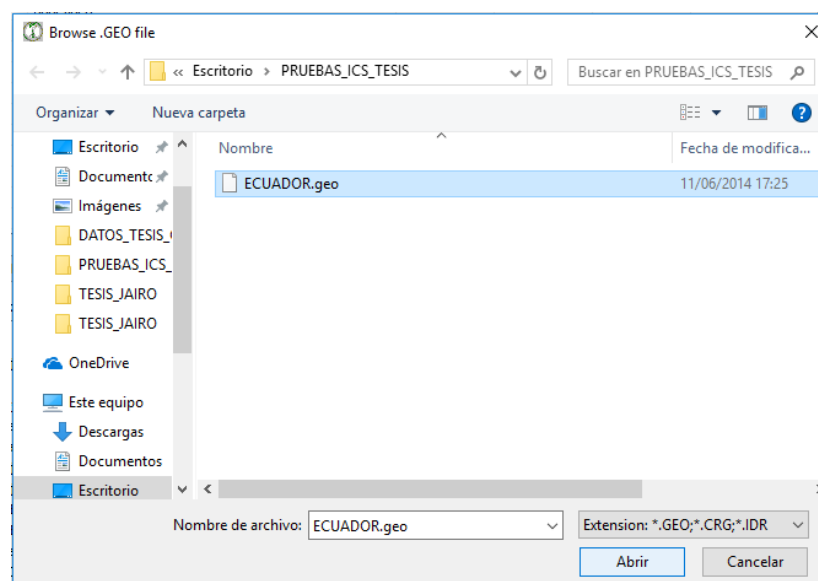
Mostrar archivos de todas unidades de control y usuarios

## ANEXO B. CONFIGURACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL TRANSMISOR PARA LA SIMULACIÓN CON ICS TELECOM

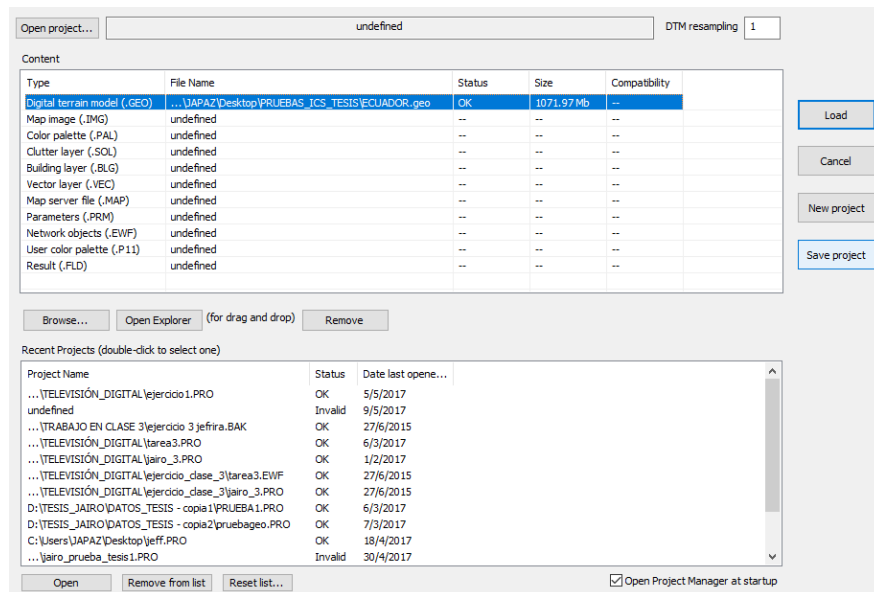
Lo primero que realizamos para empezar es abrir el software ICS Telecom haciéndole doble click en el ícono, lo que nos despliega la siguiente gráfica.(Figura).



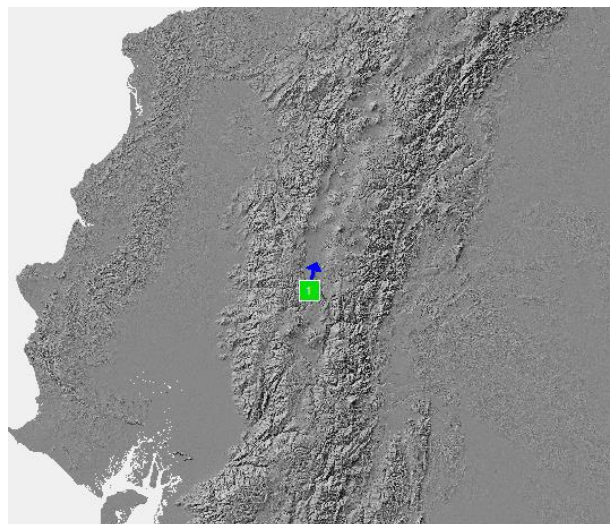
Siguiendo con el proceso y una vez abierto el software, procedemos a cargar el mapa de Ecuador dentro de Content en Type cargamos dentro del Digital Terrain Model de extensión .GEO el archivo que contiene al Ecuador en este caso ECUADOR.geo



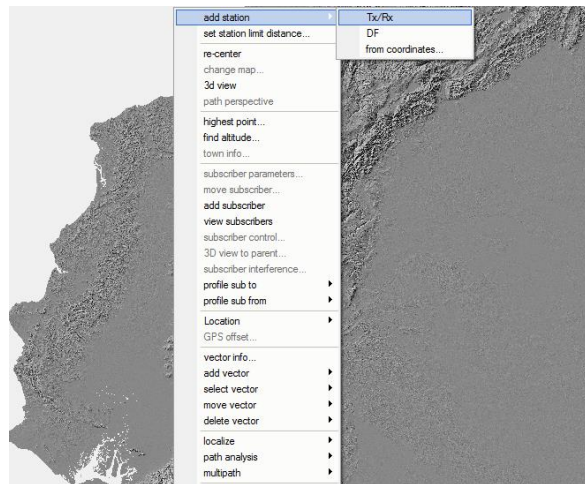
Una vez cargado el archivo ECUADOR.geo, procedemos a guardar el proyecto con un nombre que en este caso le hemos puesto 2\_isdb.PRO, y luego lo cargamos dándole click en Load.



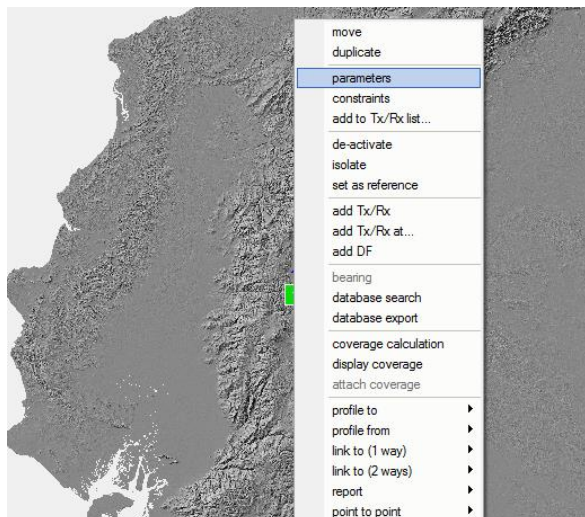
Una vez asignado el nombre del archivo y cargado ECUADOR.geo se muestra la siguiente pantalla que es donde nos permite crear y configurar el transmisor con los datos técnicos del mismo.



Luego procedemos a crear y configurar el transmisor de TDT, con sus respectivos parámetros de configuración, le hacemos click derecho encima del mapa y escogemos ass station y luego Tx/Rx.



Luego hacemos click derecho en el transmisor que creamos para configurar los parámetros de la antena transmisora, haciendo click en parameters.



Damos click en parameters, y nos despliega la pantalla de configuración del transmisor en donde se colocaran los valores de la antena transmisora.

General Patterns Channels Site Advanced

Type: Tx/Rx A (0) Signal: radiocom Status: Unknown (0) Frequency plan: No 1 activated

**Tx/Rx**  
 Nominal power (W): 400  
 Dynamic (dB): 0  
 Tx ant gain (dBi): 22.00  
 Rx ant gain (dBi): 0.00  
 Losses (dB): tx 0.00 rx 0.00  
 Tx add losses (dB): 0.00  
 E.I.R.P (W): 63395.73  
 Frequency (MHz): 539.00000  
 Antenna height (m): 48.00  
 Tx bandwidth (kHz): 6000.00  
 Rx bandwidth (kHz): 6000.00

**Coverage**  
 1546  
 delete info  
☐ variable power  
☒ fixed power  
☒ fixed frequency  
☐ freqhop/wide band  
☐ variable elevation  
☒ fixed elevation

**Info**  
 Callsign: none Parenting: 0  
 address: date: 20170508  
 info (1): type: C  
 info (2): link:  
 Network ID: group:  
 user: call number: 0

Comment:

SQL record 0 Ctrl+Enter: change line

En la pestaña General el primer parámetro que se configuró fue el de Signal, y del menú que se despliega al darle click, escogemos el estándar ISDB-T 6MHZ, donde 6 MHZ representa al ancho de banda del canal de Televisión Digital Terrestre que es para éste estándar; Dentro de Type escogeremos Tx/Rx A(0), debido a que tendremos una comunicación transmisor – receptor. Configuraremos los parámetros del receptor con los datos de la siguiente tabla

DATOS TÉCNICOS DE LA ANTENA DE TRANSMISIÓN DE TDT DEL CANAL DE TELEVISIÓN COLOR TV DE LA CIUDAD DE LATACUNGA	
POTENCIA DE TRANSMISIÓN DE LA ANTENA	400 W
ALTURA DE LA TORRE	48 metros
MARCA Y MODELOS DE LA ANTENA	MARCA OMB MODELO PD2000
AZIMUT D ELAS ANTENAS	4 ANTENAS CON AZIMUT HACIA AMBATO. 5 ANTENAS CON AZIMUT HACIA LATACUNGA
GANANCIA TOTAL DEL ARREGLO DE ANTENAS	22dbi

General Patterns Channels Site Advanced

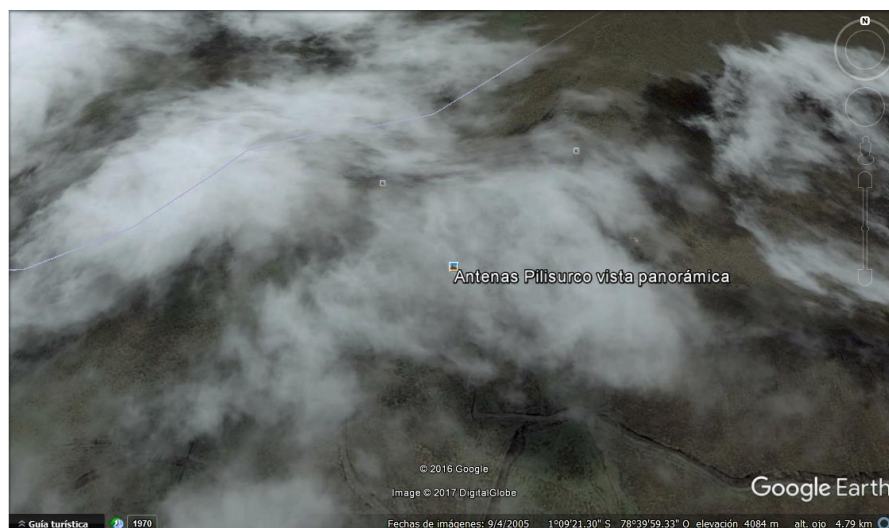
Type: Tx/Rx A (0) Signal: radiocom Status: Unknown (0) Frequency plan: No 1 activated

Tx/Rx: radiocom  
 Nominal power (W): TV BG  
 Dynamic (dB): TV H  
 Tx ant gain (dBi): TV I  
 Rx ant gain (dBi): TV DK  
 Losses (dB): TV D  
 Tx add losses (dB): TV K1  
 E.I.R.P (W): TV L  
 Frequency (MHz): TV N  
 Antenna height (m): TV M  
 Tx bandwidth (kHz): TETRA  
 Rx bandwidth (kHz): T-DAB  
 Comment: DTV  
 SQL record 0: ATSC  
 DRM Synth Mode A

Coverage: 1546  
 delete info

Info:  
 Callsign: none Parenting: 0  
 address: 20170508 date: yyyyymmdd  
 info (1): type: C  
 info (2): link  
 Network ID: group  
 user: call number: 0

Ctrl+Enter: change line



UBICACIÓN DE LA ANTENA DE TRANSMISIÓN DEL CANAL COLOR TV	
LATITUD	01°09'21,2"S
LONGITUD	78°39'51,9"W
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	4138 msnm

La potencia nominal es de 400W y la ganancia del arreglo de antenas del transmisor de 22dbi. La frecuencia en la que trabaja el canal de TDT es en la banda de 536 Mhz hasta los 542 Mhz con un ancho de banda de 6 Mhz, la altura de la antena es de 48 metros.

General Patterns Channels Site Advanced

Type: Tx/Rx A (0) Signal: ISDB-T 6 MHz Status: Unknown (0) Frequency plan: No 1 activated

**Tx/Rx**

Nominal power (W): 400

Dynamic (dB): 0

Tx ant gain (dBi): 22.00

Rx ant gain (dBi): 0.00

Losses (dB): tx 0.00 rx 0.00

Tx add losses (dB): 0.00

E.I.R.P (W): 63395.73

Frequency (MHz): 539.00000

Antenna height (m): 48.00

Tx bandwidth (kHz): 6000.00

Rx bandwidth (kHz): 6000.00

**Coverage**

1546

delete info

☐ variable power

☒ fixed power

☒ fixed frequency

☐ freqhop/wide band

☐ variable elevation

☒ fixed elevation

**Info**

Callsign: none Parenting: 0

address: date: 20170508 yyyyymmdd

info (1): type: C

info (2): link:

Network ID: group:

user: call number: 0

Comment:

SQL record 0

Ctrl+Enter: change line

En la pestaña Patterns se configuró la polarización de la antenna, que para este caso es polarización Horizontal, y que para las pruebas está apuntando a la ciudad de Latacunga con un azimuth de 13 grados. En las siguientes figuras se muestra el lóbulo de radiación de la antenna horizontal y vertical del manual de la misma, además la gráfica que se procedió a dibujar en el software simulador.



PANEL DE TV PD 2000

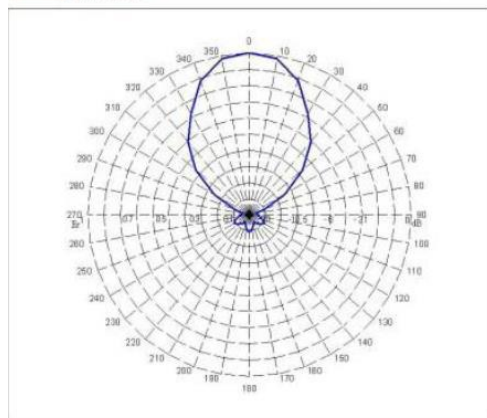


DIAGRAMA DE RADIACIÓN HORIZONTAL

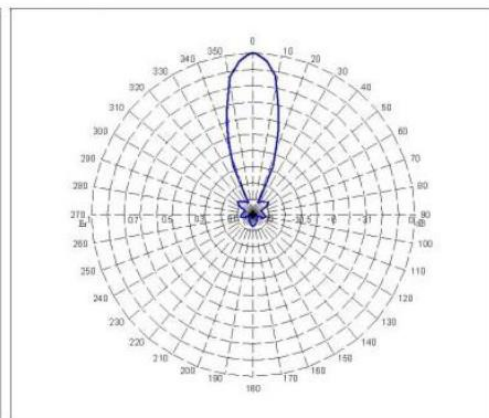
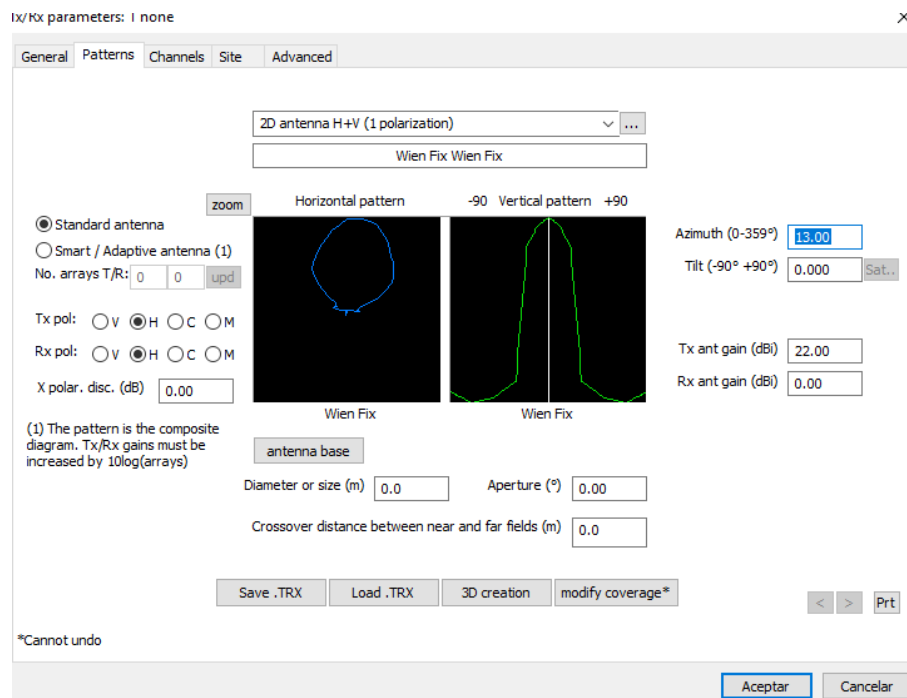


DIAGRAMA DE RADIACIÓN VERTICAL

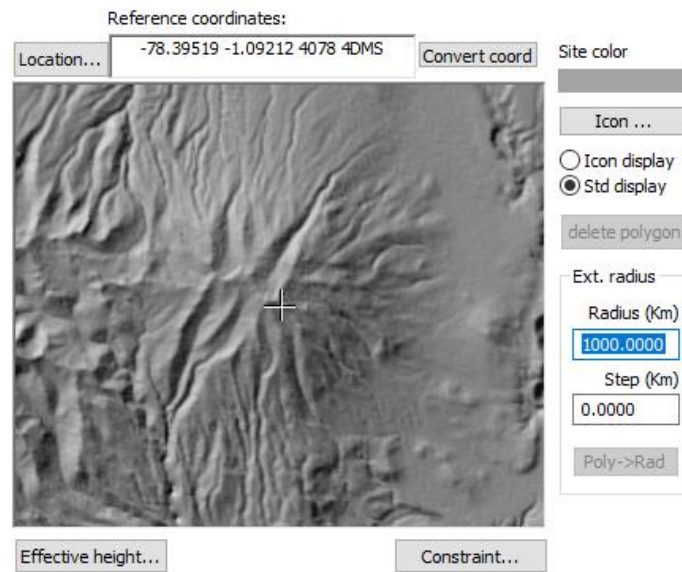


Además se puede observar el lóbulo de radiación de la antena del canal de Tv en tres dimensiones donde se suma el lóbulo vertical y horizontal.

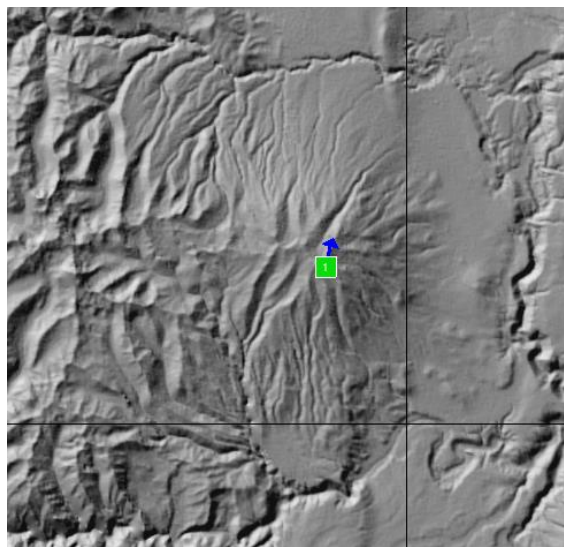


En la pestaña Site procedimos a colocar la ubicación exacta del transmisor en el cerro pilisurco, sector que está en la provincia de Tungurahua.





Terminado el proceso de configuración del transmisor en el ICS Telecom, el transmisor queda en la ubicación que se encuentra en el mapa



Los lóbulos de radiación horizontal y vertical se muestran en la siguiente figura.

